

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2016

Bc. Martin Mlčoch

VŠB Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektroniky

**Návrh testovacího rámu pro redundantní
řídící systém ABB 800xA a demonstrace
jeho funkčnosti na vybrané úloze řízení
technologického procesu**

**Design of the testing frame for redundant control system ABB
800xA and its functionality demonstration for specific task of the
technological proces controlling**

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektroniky

Zadání diplomové práce

Student:

Bc. Martin Mlčoch

Studijní program:

N2649 Elektrotechnika

Studijní obor:

2612T015 Elektronika

Téma:

Návrh testovacího rámu pro redundantní řídicí systém ABB 800xA a
demonstrace jeho funkčnosti na vybrané úloze řízení technologického
procesu

Design of the Testing Frame for Redundant Control System ABB 800xA
and its Functionality Demonstration for Specific Task of the
Technological Process Controlling

Jazyk vypracování:

čeština

Zásady pro vypracování:

1. Technická charakteristika redundantního řídicího systému ABB 800xA
2. Možnosti a použití redundantního řídicího systému ABB 800xA
3. Specifikace požadavků na testovací rám
4. Návrh testovacího rámu, elektroinstalace a zpracování dokumentace v souladu s technickou normou
5. Výběr a zpracování demonstrační úlohy řízení vybraného technologického procesu

Seznam doporučené odborné literatury:

1. Firemní literatura ABB k řídicímu systému 800xA.
2. Veselovský, J., Kroupa, M.: Základy tvorby technické dokumentace v elektrotechnice, Alfa, 1989.
3. Martínek, Z.: Projektování elektroinstalací, Skriptum ZČU, 1992.
4. Noskovič, P.: Modelování a identifikace systémů, Montanex, 2007.
5. Zítek, P., Hofreiter, M. - Hlava, J.: Automatické řízení, 3. vyd. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2004.
6. ČSN EN 61439.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **prof. Ing. Pavel Brandštetter, CSc.**


Konzultant diplomové práce: Ing. Vladimír Skýba

Datum zadání: 01.09.2015

Datum odevzdání: 29.04.2016


doc. Ing. Petr Palacký, Ph.D.
vedoucí katedry




prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení zástupce spolupracující právnické nebo fyzické osoby

„Souhlasím se zveřejněním této diplomové práce dle požadavků čl. 26, odst. 9 Studijního a zkušebního řádu pro studium bakalářských/magisterských programech VŠB-TU Ostrava.“

V Ostravě dne 29. 4. 2016

Podpis zástupce:

Prohlášení Studenta

„Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.“

V Ostravě dne 29. 4. 2016

Podpis autora:

Poděkování

Rád bych poděkoval svému vedoucímu diplomové práce panu prof. Ing Pavlu Brandštetterovi, CSc. za odborné vedení a věnovaný čas. Dále tímto chci poděkovat pánům Ing. Vladimíru Skýbovi a Ing. Vladislavu Bezouškovi, PhD. za technickou podporu, možnost konzultace a praktické připomínky při řešení DP.

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá návrhem a vytvořením testovacího rámu využívající řídicí systém ABB 800xA. Dále vytvořením demonstrační úlohy řízení technologického procesu pro ověření funkčnosti navrženého a sestaveného testovacího rámu. Teoretická část představuje architekturu řídicího systému 800xA, jeho jednotlivé části a návaznost mezi nimi. Podrobný popis je také věnován kontrolérům řady AC800M a periferních karet řady S800 I/O, jež jsou důležitou součástí řídicího systému 800xA. Praktická část se zabývá specifikací požadavků na testovací rám, výběrem komponent a vytvoření kompletního seznamu všech součástí testovacího rámu. V další části se praktická část zabývá vytvořením elektrotechnické dokumentace s návazností na platné elektrotechnické normy týkající se navrhovaného zařízení. V poslední části pak sestavením testovacího rámu a vytvořením demonstrační úlohy řízení technologického procesu s následným ověřením funkčnosti vytvořeného zařízení vytvořenou řídicí aplikací. Výsledkem této diplomové práce je testovací rám využívající řídicího systému 800xA, kontrolérů řady AC800M a I/O karet S800 spolu s elektrotechnickou dokumentací testovacího rámu a vytvořenou demonstrační úlohou pro řízení HW simulátoru technologického procesu.

Klíčová slova

800xA, AC800M, DCS, simulátor technologického procesu, kontrolér, S800 I/O, testovací rám

Abstract

This thesis deals with design of the testing frame using the ABB 800xA control system and creating of the control application for functional verification. Theoretical part describes the 800xA system architecture and its main parts. Detailed description is also focused on the AC800M and S800 I/O hardware. The practical part contains specification and list of the needed testing frame components. Next part of the practical focuses on creating of the electrotechnical documentation of the designed 800xA testing frame and its construction. The last part deals with creating of the control program and verification of the testing frame functionality. The output of this diploma thesis is functional testing frame where its functionality is verified by connected HW simulator of the technology proces and running control application.

Keywords

800xA, AC800M, DCS, technology process simulator, controller, S800 I/O, testing frame

Obsah

Obsah.....	6
Seznam použitých symbolů a zkratk	8
Seznam ilustrací a tabulek.....	10
Úvod.....	11
1 Industrial IT systém ABB 800xA.....	12
1.1 Základní přehled systému.....	12
1.1.1 Integrace kontrolérů	13
1.1.2 Využívané standardy	13
1.2 Topologie Systému.....	13
1.2.1 800xA topologie sítě	14
1.2.2 800xA servery	15
1.2.3 Zajištění redundance 800xA sítě	17
1.2.4 Síťové uspořádání pro různé velikosti sítí.....	17
1.3 Aspect Object™	17
1.4 Engineering Workplace.....	19
2 Hardware platforma systému ABB 800xA	20
2.1 AC800M jednotky.....	20
2.1.1 AC800M.....	21
2.1.2 AC800M HI kontrolér	23
2.1.3 Redundance kontrolérů	24
2.1.4 Komunikační karty řady AC800M.....	24
2.1.5 Cexbus propojovací karty BC810	26
2.1.6 Napájecí zdroje a diodové moduly	27
2.1.7 Záložní externí baterie.....	28
2.2 S800 I/O vstupně výstupní karty	29
2.2.1 Specifikace základních typů I/O karet a příslušenství.....	29
2.2.2 Možnosti připojení I/O karet ke kontroléru.....	30
2.3 Control Builder M.....	33
2.4 Graphic Builder	34
3 Příklady použití systému ABB 800xA	36
4 Návrh testovacího rámu pro systém ABB 800xA	37
4.1 Specifikace požadavků na testovací rám.....	37
4.2 Simulátor technologického procesu OSLO z HW hlediska	37

4.3	Specifikace komponent testovacího rámu	38
4.3.1	Montážní rám	38
4.3.2	Kontrolér a komunikační karty.....	38
4.3.3	I/O karty a kabelový adaptér	38
4.3.4	Ethernetové switche	39
4.3.5	REF615 spolu s upevňovacím držákem	39
4.3.6	Napájecí zdroj a zásuvky pro připojení IED	39
4.3.7	Jistící přístroje, svorky, vodiče a kabely	41
4.4	Návrh.....	42
4.4.1	Identifikace zařízení a součástí.....	42
4.4.2	Provozní podmínky	42
4.4.3	Konstrukční požadavky	42
4.4.4	Vzdušné vzdálenosti a povrchové cesty	43
4.4.5	Ochrana před úrazem elektrickým proudem	43
4.4.6	Ochrana proti zkratům a přetížení	43
4.4.7	Barevné značení vodičů a kabelů	43
4.4.8	Popis technického řešení	44
4.4.9	Technická dokumentace	45
5	Vybraná demonstrační úloha řízení technologického procesu	46
5.1	Přístrojové vybavení HW simulátoru OSLO.....	46
5.2	Zadání demonstrační úlohy řízení technologického procesu	47
5.3	Vypracování demonstrační úlohy řízení technologického procesu.....	48
5.3.1	Založení projektu a jeho základní systémové nastavení.....	48
5.3.2	Tvorba řídicí aplikace v prostředí Control Builder M.....	49
5.3.3	Tvorba HMI pro řízení HW simulátoru OSLO	55
	Závěr	56
	Literatura	57
	Seznam příloh.....	58
	Příloha B.....	59
	Příloha B.....	60
	Příloha C.....	61
	Příloha C.....	62
	Příloha C.....	63
	Příloha C.....	64

Seznam použitých symbolů a zkratek

Symbol	Jednotka	Význam
I_{ext}	[A]	Proudový odběr zátěže připojené k I/O kartám
I_{m}	[A]	Proudový odběr I/O karet skrze Modulebus sběrnici
I_{n}	[A]	Jmenovitý proud
I_{tot}	[A]	Celkový proudový odběr sestavy při 24VDC
I_{unit}	[A]	Proudový odběr kontrolérů a komunikačních karet
P	[W]	Elektrický výkon
Q	[Ah]	Elektrický náboj
R	[Ω]	Elektrický odpor
S	[mm ²]	Průřez
T	[°C]	Teplota
U_{n}	[V]	Jmenovité napětí
l	[m]	Délka
t	[s]	Čas

Zkratka	Anglický název	Český název
AI	Analog Input	Analogový vstup
AO	Analog Output	Analogový výstup
CEX bus	Communication expansion bus	Rozšiřující komunikační sběrnice
CF	Compact Flash	Paměťová karta
CN	Control Network	Řídící komunikační síť
COM	Component Object Model	Binární síťový standard
DC	Direct Current	Stejnoseměrný proud
DCS	Distributed Control System	Distribuovaný řídicí systém
DI	Digital Input	Digitální vstup
DO	Digital Output	Digitální výstup

HI	High Integrity	Vysoká míra zabezpečení
HMI	Human Machine Interface	Rozhraní mezi člověkem a strojem
HW	Hardware	Hardwarové vybavení
IED	Intelligent Electronic Device	Inteligentní elektronické zařízení
I/O	Input/Output	Vstup/Výstup
LED	Light Emitting Diode	Světelná dioda
MMS	Manufacturing Message Specification	Mezinárodní komunikační protokol
OPC	Ole for System Processing	Komunikační standard
PLC	Programmable Logic Controller	Programovatelný logický automat
RAM	Random Access Memory	Paměť s náhodným přístupem
RNRP	Redundant Network Routing Protocol	Komunikační protokol pro redundantní síť
RTC	Real Time Clock	Hodiny reálného času
SIL	Safety Integrity Level	Úroveň zabezpečení
SIL2	Safety Integrity Level 2	Úroveň zabezpečení 2
SIL3	Safety Integrity Level 3	Úroveň zabezpečení 3
SW	Software	Softwarové vybavení
TCP/IP	Transmission Control Protocol/Internet Protocol	Síťový protokol
TU	Termination unit	Ukončovací patice
UTP	Unshielded Twister Pair	Nestíněná kroucená dvojlinka

Seznam ilustrací a tabulek

Obr. 1 Možnosti využití systému 800xA pro integrované řízení [4].....	12
Obr. 2 HW topologie 800xA se síťovou redundancí.....	14
Obr. 3 Reprezentace reálného objektu pomocí aspektů [4].....	18
Obr. 4 Engineering Workplace.....	19
Obr. 5 Sestava AC800M jednotek s S800 I/O modulem - zleva CI854A, BC810, PM864, AI810 [13]	20
Obr. 6 Rodina kontrolérů řady AC800M [11].....	21
Obr. 7 Kontrolér s typovým označením PM860 a patičí TP830 [7]	22
Obr. 8 High Integrity sestava s kontrolérem PM865 [7]	23
Obr. 9 Komunikační karty připojené na CEX-bus [7]	25
Obr. 10 Redundantní zapojení kontrolérů s rozšiřujícími kartami BC810.....	26
Obr. 11 Napájecí zdroj SD831 AC800M platformy [12].....	27
Obr. 12 Možné uspořádání napájecích zdrojů AC800M systému.....	28
Obr. 13 Připojení I/O karet ke kontroléru skrze ModuleBus	31
Obr. 14 Připojení I/O karet ke kontroléru skrze PROFIBUS	32
Obr. 15 Struktura programovacího nástroje Control Builder M	33
Obr. 16 Ovládací prostředí grafického nástroje Graphic Builder.....	35
Obr. 17 Přehled rozvržení komponent testovacího rámu	44
Obr. 18 P&ID schéma HW simulátoru OSLO [15]	46
Obr. 19 Konfigurace CBM pro demonstrační úlohu řízení	49
Obr. 20 Instance funkčního bloku s připojenými proměnnými.....	50
Obr. 21 Kód vytvořený v CBM v jazyce Structured Text.....	52
Obr. 22 Vytvořená Sekvence pro řízení HW simulátoru OSLO	53
Obr. 23 Operátorský displej Sxx_ProcessDisplay	55
Tab. 1 Parametry komunikačních karet AC800M [7]	25
Tab. 2 Parametry napájecích zdrojů platformy AC800M [7].....	27
Tab. 3 Výdrž zálohování pro jednotlivé typy kontrolérů a baterií [7].....	29
Tab. 4 Proudová spotřeba použitých I/O karet skrze ModuleBus [9]	40
Tab. 5 Tabulka proudových odběrů jednotlivých sestav při 24VDC	40
Tab. 6 Přiřazené síťové adresy pro připojení do CN 800xA.....	48

Úvod

Všude kolem nás můžeme pozorovat snahu o neustálé zvyšování produktivity práce. V tomto procesu je úkolem inženýra hledat nové postupy práce s cílem minimalizovat spotřebu času a nákladů. Jednotlivé pracovní úkony musí být co nejkratší a nejjednodušší, aby vyžadovaly minimum lidských sil. Realizaci těchto požadavků zajišťuje především automatizace výrobních procesů. K automatizaci vede člověka snaha osvobodit se od fyzické činnosti a také od duševně unavující stereotypní práce. Činnost člověka přebírají automaty, počítače a prvky umělé inteligence. Proces při němž je lidská činnost při výrobním procesu nahrazována činností přístrojů a zařízení se nazývá automatizace. [14]

Tato diplomová práce se zabývá redundantním řídicím systémem 800xA od společnosti ABB, který se řadí do systémů zajišťující průmyslovou automatizaci v několika technologických odvětvích po celém světě. Konkrétní problematika se týká specifikace komponent při návrhu a sestavení testovacího rámu tak, aby bylo možné sestavený testovací rám použít pro výuku zaměstnanců společnosti při školení pro práci se systémem 800xA. Vznik tématu diplomové práce vyšel z nedostatečné hardwarové vybavenosti školícího střediska společnosti.

První kapitola se zabývá základními funkcemi systému 800xA, možným síťovým uspořádáním a vysvětlením funkčnosti jednotlivých prvků v síťové struktuře. Konec kapitoly představuje patentovanou metodu Aspect Object™, která je ze softwarového hlediska základem systému 800xA, a k ní přidružený software pro práci se systémem. Druhá kapitola specifikuje základní náhled na hardwarovou platformu AC800M. Platforma AC800M obsahuje rodinu PLC kontrolérů pro automatizaci, rozšiřující komunikační karty, napájecí zdroje, záložní baterie a inteligentní diodové moduly. Druhá kapitola také věnuje pozornost možnostem redundantního zapojení platformy 800xA. Ve třetí kapitole se práce bude zabývat popisem aplikací, pro které se využívá systém 800xA v praxi.

Čtvrtá kapitola obsahuje postup při návrhu testovacího rámu. Jedná se o specifikaci požadavků na výsledný testovací rám. Po vyspecifikování požadavků se práce zabývá volbou vhodných komponent pro zajištění vyspecifikovaných požadavků. V další části tato práce popisuje technický návrh pro tvorbu technické dokumentace v návaznosti na týkající se technické normy pro zajištění správné funkčnosti a bezpečnosti navrhovaného zařízení. Výstupem této části je seznam komponent použitých při sestavování rámu a elektrotechnická dokumentace s obvodovým zapojením a sestaveným testovacím rámem dle vytvořené technické dokumentace. Poslední kapitola se zabývá otestováním funkčnosti sestaveného testovacího rámu za pomoci hardwarového simulátoru technologického procesu vytvořením demonstrační úlohy řízení.

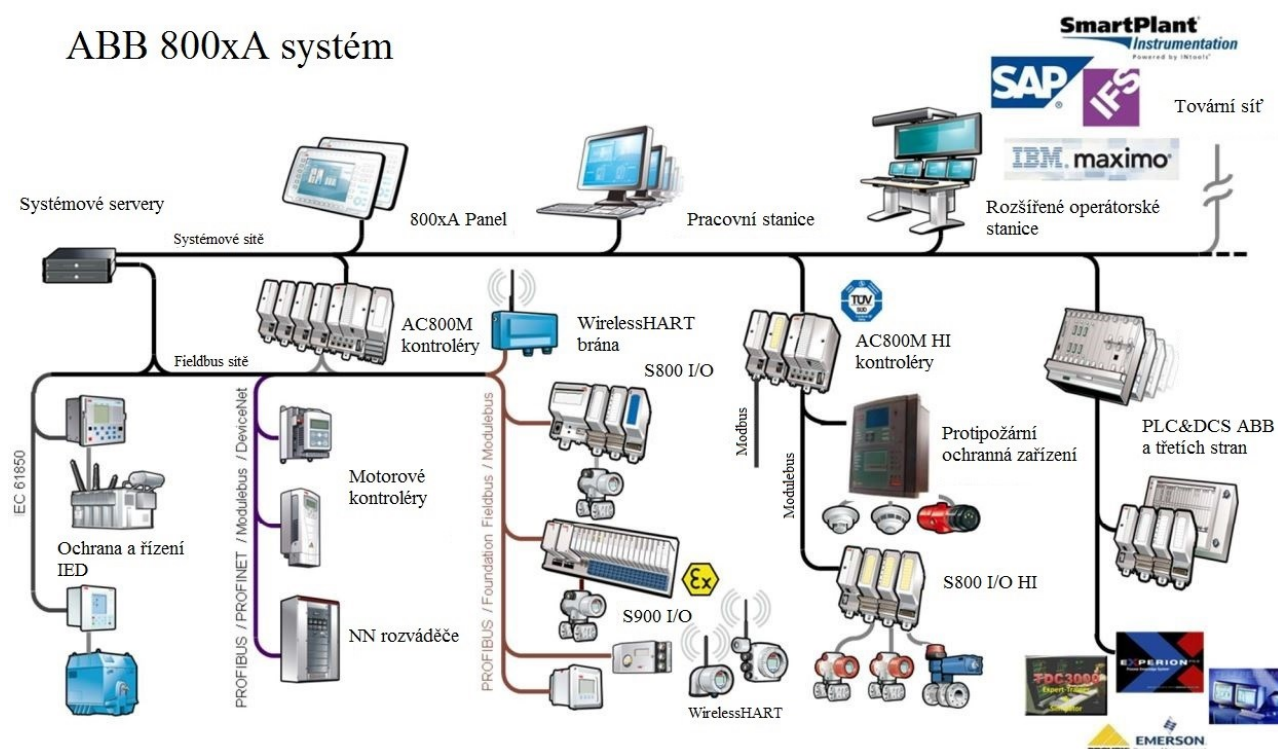
1 Industrial IT systém ABB 800xA

1.1 Základní přehled systému

Industrial IT systém 800xA společnosti ABB je komplexní systém pro procesní automatizaci a svým uspořádáním přesahuje možnosti konvenčních distribuovaných řídicích systémů.

Systém 800xA vyvinutý společností ABB je komplexní redundantní průmyslový řídicí systém sloužící pro automatizaci průmyslových procesů. Vyšel z potřeby integrace několika oblastí pro řízení a správu rozsáhlých řídicích technologických systémů. Řadí se do kategorie distribuovaných řídicích systémů (DCS). DCS se používají pro řízení průmyslových výrobních procesů jako například výroba elektrické energie, těžba ropy a podzemního plynu, chemickém průmyslu a ve všech rozsáhlých výrobních procesech, kde je potřeba splňovat vysoké požadavky na bezpečnost a kvalitu řízení. [1]

Tento systém umožňuje nejen základní řízení technologických procesů jako běžné automatizované systémy, ale je rozšířen o další funkční oblasti týkající se správy výrobní továrny jako celku. Tento konfigurovatelný systém v sobě navíc umožňuje integrovat informace o plánování výroby, správě zařízení, údržby do jednoho otevřeného prostředí. Platforma 800xA zahrnuje všechny funkce vyskytující se při řízení výrobních procesů a vedení úplného managementu. Nespornou výhodou je také široká možnost připojení zařízení jak od společnosti ABB, tak i do výrobců třetích stran. Obrázek 1 představuje možnosti integrace různých druhů elektrotechnických systémů, používaných napříč výrobním průmyslem, do jednoho řídicího prostředí. [1]



Obr. 1 Možnosti využití systému 800xA pro integrované řízení [4]

Industrial IT 800xA rozšířený automatizační systém je integrovaná platforma s možností připojení do stávajících továrních systémů, aplikací a zařízení.

Systém je rozdělen dle funkčních celků do několika skupin a to na základní systém a sadu konfigurovatelných parametrů. Konfigurovatelné parametry představují funkce, které mohou být do systému implementovány na základě specifických požadavků dle potřeb řízeného procesu. Systém 800xA je z pohledu softwarové struktury rozdělen na základní systém a rozšiřitelné funkční oblasti. Základní systém zajišťuje základní součásti potřebné pro chod DCS jako HMI, alarmování a historizaci dat. Mezi rozšiřitelné funkční oblasti patří správa výrobních dávek, správa výrobních informací, správa údržby a bezpečnostní rozšíření. [2]

1.1.1 Integrace kontrolérů

Jak již bylo zmíněno v předchozím bodě otevřená architektura systému 800xA umožňuje integraci jak kontrolérů společnosti ABB tak i zařízení třetích stran podporující OLE for Process Control (OPC) standard. Tato schopnost umožňuje systém společnosti ABB implementovat do již instalovaných systémů a tyto systémy rozšířit o možnosti systému 800xA. Kontroléry jsou integrovány do systému skrze tzv. konektivity balíky, které jsou nabízeny jako volitelné součásti. Tyto balíky poskytují přístup k aktuálním datům, alarmům, událostem z kontrolérů a poskytují tak informace pro provoz řídicího systému. Kterýkoliv z tradičních ABB řídicích systémů může být rozšířen použitím systému 800xA. Totální integraci představuje systém 800xA pro kontroléry řady AC800M, které jsou vlnkovou lodí společnosti ABB. Současná konektivita je podporována pro zařízení AC800M, Advant Master AC400 a AC100, Symphony Harmony Infi-90, Symphony Melody/AC870P, Freelance/AC800F, DCI System Six, Advant MOD300, Safeguard 400, Honeywell TDC3000 (HSM), PLC Connect (přes OPC server). [2]

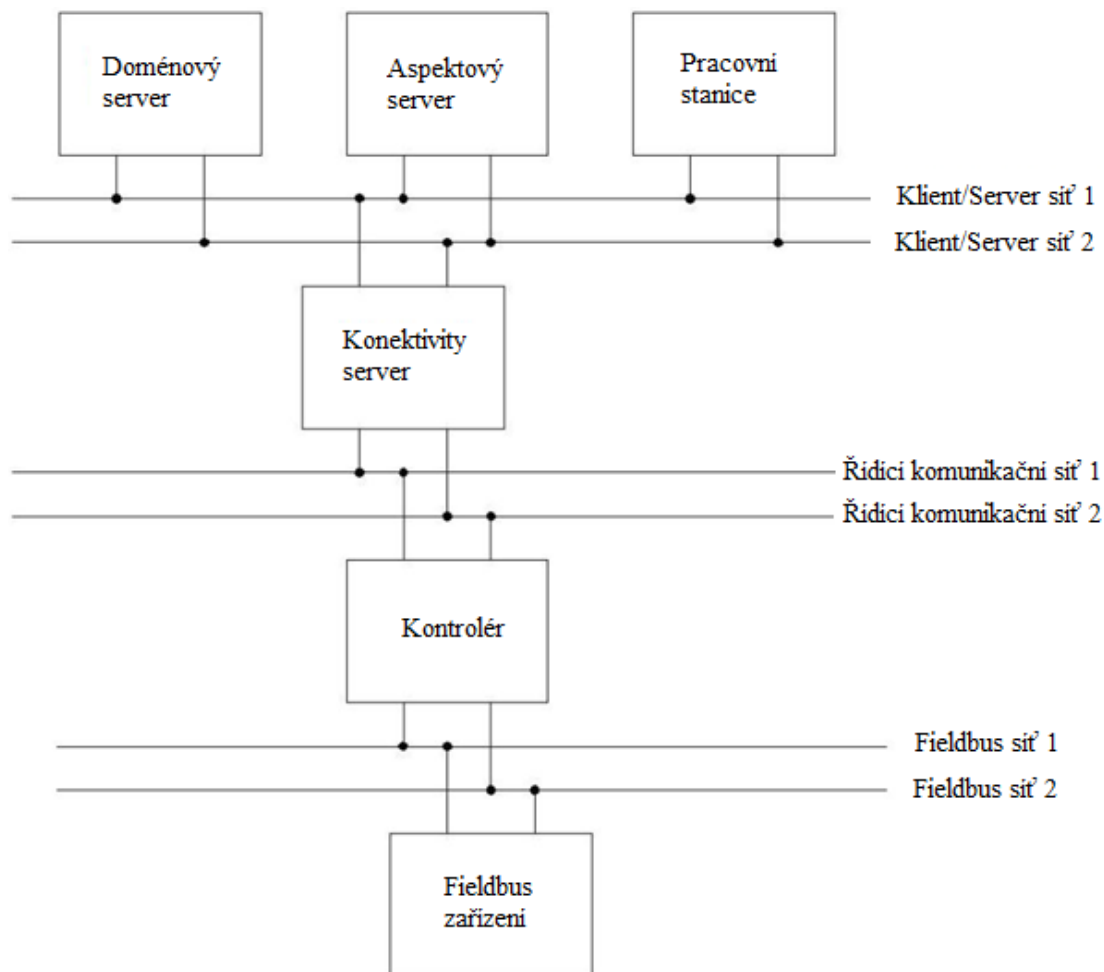
1.1.2 Využívané standardy

Systém 800xA spolupracuje se standardním hardwarem osobních počítačů, operačními systémy, standardními sběrnicemi a komunikační protokoly. Otevřená architektura systému umožňuje jeho spolupráci s mnoha zařízeními a systémy různých výrobců. Mezi podporovanými standardy jsou například Microsoft Windows 7 / server 2008, Internet Explorer, ActiveX Controls, OPC, Microsoft Component Object Model (COM), PROFIBUS, FOUNDATION Fieldbus, Hart, Windows Presentation Foundation (WPF), IEC 61850, IEC61 508. [2]

1.2 Topologie Systému

Architektura 800xA systému vychází z koncepce počítačů a zařízení, které spolu komunikují napříč různými druhy komunikačních sítí tak jak je naznačeno na obrázku 2. Pro komunikaci mezi servery, servery a pracovními stanicemi využívá systém 800xA síťovou architekturu typu klient/server.

Systémová komunikace je založena na technologii ethernet a TCP/IP. V tomto případě zajišťují servery běh programů obstarávajících chod systému. Pracovní stanice se starají o programy, které poskytují uživatelskou interakci se systémem. Topologie sítě je fyzicky rozdělena na několik úrovní. Každá úroveň zajišťuje komunikaci zařízení podobného typu. Architektura systému 800xA obsahuje několik různých vzájemně propojených serverů, kdy každý z nich zajišťuje část aplikací pro chod systému. [3]



Obr. 2 HW topologie 800xA se síťovou redundancí

1.2.1 800xA topologie sítě

Klient/Server síť

Tento typ sítě je v systému 800xA použit pro komunikaci mezi servery a také mezi servery a pracovními stanicemi. Klient/server síť může být připojena skrze router do továrního intranetu a nebo skrze firewall k internetu. Z bezpečnostních, výkonnostních důvodů a pro zajištění správné funkce systému 800xA není doporučeno připojování cizích zařízení přímo do této sítě. Tato síť podporuje

redundanci využitím redundantních ethernet switchů a redundant network routing protokolu (RNRP). Servery a pracovní stanice musí být vybaveny dodatečnými síťovými kartami pro zajištění redundance sítě. [3]

Řídící komunikační síť

Řídící komunikační síť (CN) síť je místní síť (LAN) optimalizovaná pro vysoký výkon a spolehlivou komunikaci s definovanou dobou odezvy v reálném čase. Je určena pro propojení kontrolérů k serverům. Kontroléry jsou skrze tuto síť propojeny s konektivitou servery. Maximální počet připojených zařízení na tento typ sítě je 60 pro kontroléry řady AC800M. Nejvýkonější varianta kontrolér PM891 umožňuje tento počet navýšit na 100. Kontrol síť je založena na technologii ethernet a primárním přenosovém protokolu/protokolu síťové vrstvy (TCP/IP) a využívá manufacturing message specification (MMS) protokol. Stejně jako předcházející síť může být kontrol síť pro zvýšení bezpečnosti a eliminaci výpadku chodu systému redundantní použitím ethernet switchů a RNRP protokolu. Kontroléry se k této síti připojují skrze zabudované ethernet porty s označením CN1 a CN2. [3]

Síť Fieldbus

Fieldbus je označení pro rodinu komunikačních protokolů pro průmyslovou aplikaci normalizovaných dle standardu IEC61158. Síť typu fieldbus jsou určeny pro řízení a sledování procesů v reálném čase s důrazem na odolnost proti rušení. Sběrnice typu fieldbus slouží k připojení senzorů a akčních členů ke kontroléru. Sběrnice fieldbus také umožňují redundantní zapojení. [3]

1.2.2 800xA servery

Aspektový server

Aspektový server v sobě obsahuje aspektový adresář a tím zajišťuje služby provozující správu všech objektů a k nim příslušejícím aspektů v celém systému. Z toho důvodu je aspektový server srdcem systému 800xA a musí být neustále dostupný všem pracovním stanicím. V malých systémech se mohou vyskytovat fyzické servery s výkonem dostačujícím pro provoz několika virtuálních serverů zajišťujících několik služeb současně. Například aspektový a konektivity server na jednom stroji. Systém 800xA využívá centrální licenční mechanismus. Jeden přiřazený server obsahuje centrální licenční server a ten přiděluje ostatním pracovním stanicím licence. Funkci centrálního licenčního systému poskytuje nejčastěji aspektový server. [3]

Konektivity server

Konektivity server zajišťuje komunikaci s kontroléry a jinými zdroji dat dostupnými v síti. V síti může být umístěno těchto konektivity serverů několik, kdy každý poskytuje data z odlišného zdroje. Jeden z možných typů konektivity serverů je AC800M server což je jeden z typů 800xA systémů. [3]

Doménový server

Doménový server je server, který zajišťuje správu všech uživatelských účtů implementovaných do systému. Využívá autentifikaci Windows. Uživatelské účty využívají jak pracovní stanice poskytující operátorům a inženýrům ovládání a konfiguraci systému, tak i servery zajišťující služby pro chod systému. [3]

Aplikační server

Aplikační server poskytuje zvolené systémové aplikace pro práci s daty a jejich prezentaci jako například správu výrobních dávek a správu údržby zařízení. [3]

Pracovní stanice

Pracovní stanice jsou osobní počítače a dělí se na tři typy. Prvním typem je Operátorská stanice zprostředkávající operátorovi výroby operátorské displeje s procesní grafikou. Skrze tyto displeje operátor zasahuje do řízení výroby. Druhým typem je inženýrská stanice. Tato stanice provozuje konfigurační software jako například Control Builder M a Engineering Workplace. Ve stručnosti tyto software slouží k softwarové konfiguraci systému 800xA. Třetím typem je tzv. Thin Klient což je operátorská stanice poskytující vzdálený přístup do systému skrze běžný osobní počítač bez nutnosti instalace ABB software. Pro přístup k datům využívá Thin Klient webový prohlížeč Internet Explorer. [3]

Virtualizace serverů

V současné době jsou servery již tak výkonné, že lze provozovat několik serverů na jednom virtuálně rozděleném počítači. Tato možnost snižuje množství potřebných fyzických zařízení v síti. Systém 800xA využívá virtualizaci vytvořenou softwarem s názvem VMware ESX. [3]

1.2.3 Zajištění redundance 800xA sítě

Vyšší bezpečnosti systému se dosahuje vytvořením dvou identických paralelně zapojených sítí. Tyto sítě jsou pojmenovány jako primární a sekundární síť. Ve stavu kdy jsou všechny primární sítě plně funkční přenos dat zajišťuje primární síť. Sekundární síť je v tomto případě neaktivní. Tímto způsobem je zajištěna stálá výkonnost sítě i při poruchovém stavu. Monitorování stavu sítě a následné přepnutí nefunkující sítě na síť záložní zajišťuje RNRP protokol. Tak jako mohou být v systému redundantní sítě, lze pro zvýšení redundance použít i redundantní servery. Vždy se do obou redundantních serverů paralelně ukládají data v cyklech, aby při výpadku primárního serveru nebyl narušen chod systému. [3]

1.2.4 Síťové uspořádání pro různé velikosti sítí

Kombinovaná síť Klient/Server a Řídící komunikační síť

V menších systémech kde počet zařízení v síti nepřesahuje limit počtu připojitelných zařízení do Řídící komunikační sítě je výhodné sloučit tyto dvě sítě do jedné. [3]

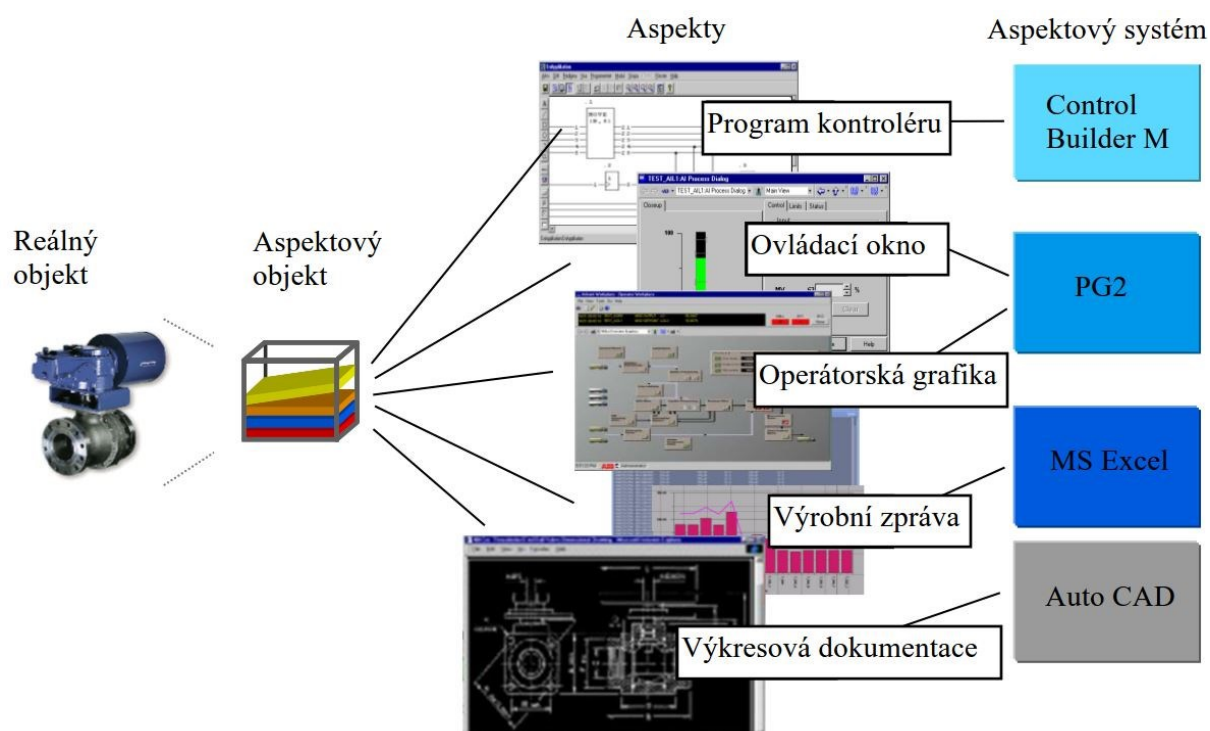
Rozsáhlý systém s oddělenými sítěmi Klient/Server a Komunikační řídicí síť

V síti s větším počtem připojených zařízení je doporučeno provozovat CN a Klient/Server síť odděleně do dvou fyzicky oddělených sítí. Spojení těchto dvou sítí je provedeno skrze konektivity servery využívající RNRP protokol pro zajištění redundance. Sítě mohou být rozděleny i v případě malých sítí. Rozdělení sítí na dvě fyzické sítě je výhodné z několika důvodů. Prvním důvodem je rozdělení sítí výhodné proto, že pokud nastane chyba v první síti nedojde k omezení funkčnosti druhé sítě a naopak. Druhým důvodem je plynulý provoz sítě kontrol, která pracuje s daty v reálném čase. V případě velké zahlcenosti sloučené sítě může dojít k časovému zpoždění přenosu aktuálních dat. Třetím důvodem je vyšší bezpečnost sítě kontrol pokud je oddělená od klient/server sítě konektivity serverem. Konektivity server umožňuje filtrovat data, která se dostanou na řídicí komunikační síť. Pokud je překročen počet zařízení připojitelných k řídicí komunikační síti, je možné do systému skrze konektivity servery připojit několik kontrol sítí. [3]

1.3 Aspect Object™

V systému který integruje automatizační, informační a obchodní postupy napříč celým podnikem, je potřeba pracovat s velkým množstvím aktuálních informací různého druhu. Systém 800xA zjednodušil dostupnost informací tak, že vytvořil koncept Aspect Object který udržuje a distribuuje tyto informace z jednoho místa. Patentovaná koncepce je základním stavebním kamenem systému 800xA.

Metoda vznikla z myšlenky, že je každé výrobní zařízení složeno z množiny prvků (objektů) jako například ventil, čerpadlo, motor, ale i ze složitějších objektů jako například reaktor. Objekt nemusí mít fyzickou podobu, ale může to být také výrobní objednávka, produkt či výrobní procedura. Tyto prvky jsou nazývány Aspektové Objekty. Na jednotlivé objekty lze ve výrobním průmyslu nahlížet z několika perspektiv. Každá perspektiva definuje část informací, které dohromady vytváří kompletní soubor dat se kterými je možné dále pracovat. Tyto jednotlivé perspektivy a k nim vztažené informace nazýváme aspektem objektu. Aspektem objektu může být například operátorská grafika zařízení, historická data, strojní výkres a nebo objednávka. [4]

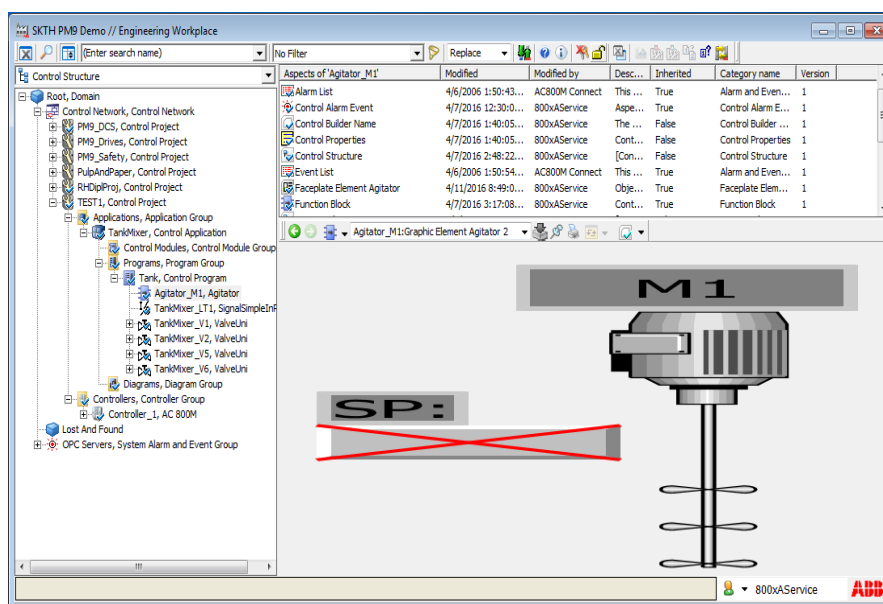


Obr. 3 Reprezentace reálného objektu pomocí aspektů [4]

Pro smysluplnou funkčnost je třeba tyto zvolené nadefinované aspekty umět dále distribuovat a jejich data využít v ostatních aplikacích k prezentaci. Aspekty jsou implementovány do softwarového systému nazývaného Aspektový systém. Příkladem jsou například: Graphic Builder pro grafiku, Autocad pro strojní výkresy, systém SAP pro zpracování objednávek. Tyto aplikace se nazývají Aspektové systémy a implementují jeden či více aspektů objektu. Z hlediska softwarové architektury je základem 800xA systému tzv. Aspect Framework. Aspect Framework je rozhraní, které zajišťuje komunikaci a vykonávání operací mezi Aspektovými objekty a aplikacemi. Framework obsahuje tzv. Aspektový adresář, který je uložen na aspektovém serveru, kde jsou registrovány všechny Aspektové objekty, Aspektové systémy a funkce které umožňují. Aspect Framework umožňuje práci maximálně s 200 000 Aspektovými objekty. Výhodou tohoto systému přístupu a práce s daty je jeho otevřenost - modifikovatelnost. To znamená, že je možné přidávat další aplikace pro práci s daty aniž by byly od počátku plánovány a jejich začlenění mělo vliv na stávající aplikace v systému. [4]

1.4 Engineering Workplace

Engineering workplace je softwarový nástroj určený ke konfiguraci systému 800xA. Počítač s tímto software je označován jako inženýrská stanice. Každý projekt je aplikačními inženýry konfigurován skrze toto prostředí, které umožňuje vytváření aspektových objektů a k nim vztažených aspektů. Engineering Workplace umožňuje vizualizaci a pohyb v aspektovém adresáři na aspektovém serveru. Nástroj Engineering Workplace je založen na konceptu průzkumníka operačního systému Windows. Navigace prostředím je podobná tomu na co jsou uživatelé Windows zvyklí. [5]



Obr. 4 Engineering Workplace

Tvorba a implementace Aspektových Objektů představujících navrhovaný řídicí systém továrny se označuje jako plant modeling. Dle typu požadované informace jsou pro snazší orientaci Aspektové objekty umístěny do struktur. Engineering Workplace obsahuje v základu 19 typů struktur. Jejich použití se individuálně liší dle systému. Tři základní struktury se používají nejčastěji a to:

- Control Structure
- Functional Structure
- Location Structure

Kontrolní struktura umožňuje nahlížet inženýrovi do struktury programu vytvářeného v Control Builder M. Funkční struktura umožňuje uspořádat jednotlivé zařízení technologie do funkčních skupin, jako například skupina několika napouštěcích ventilů nádrže. Struktura dle lokace umožňuje rozřizovat zařízení podle toho kde se v objektu nacházejí. [5]

2 Hardware platforma systému ABB 800xA

2.1 AC800M jednotky

AC800M je hardwarová platforma obsahující několik typů hardwarových jednotek určených pro montáž na DIN lišty. Tyto jednotky mohou být nakonfigurovány a naprogramovány dle odlišných požadavků pro specifické automatizační procesy. Po softwarové konfiguraci se AC800M kontrolér chová jako kontrolér zajišťující vykonávání aplikací pro lokální kontrolu, komunikaci s ostatními kontroléry, 800xA servery a pracovními stanicemi. Rozšířením platformy AC800M je verze AC800M HI přičemž HI značí přídavek High Integrity. High Integrity jednotky zajišťují vyšší míru bezpečnosti dle bezpečnostních standardů SIL a používají se v aplikacích, kde je bezpečnost kriticky důležitým faktorem. AC 800M kontroléry a komunikační karty tvoří modulární systém a skládají ze zásuvného modulu a patice. AC800M kontroléry poskytují cenově dostupné a bezúdržbové řešení pro řídicí aplikace středně velkých a rozsáhlých DCS, s možností použití kontrolérů s vysokou úrovní spolehlivosti. [6]



Obr. 5 Sestava AC800M jednotek s S800 I/O modulem - z leva CI854A, BC810, PM864, AI810 [13]

Hardwarové jednotky tvořící AC800M platformu se dělí do šesti skupin:

1) Kontroléry

PM851/PM851A/PM856/PM856A/PM860/PM860A/PM861/PM861A/PM864/PM864A/PM865/
PM866//PM891 s příslušnými paticemi

2) HI Kontroléry

PM865 kontrolér s bezpečnostními moduly SM810, SM811 s příslušnými paticemi

3) Komunikační karty podporující odlišné komunikační protokoly

CI851/CI852/CI853/CI854/CI854A/CI855/CI856/CI857/CI858/CI860/CI862/CI865/CI867/CI868/CI869/CI871/CI872/CI873 s příslušnými paticemi

4) CEX-bus propojovací jednotka

BC810

5) Napájecí zdroje různých výkonů a diodové moduly

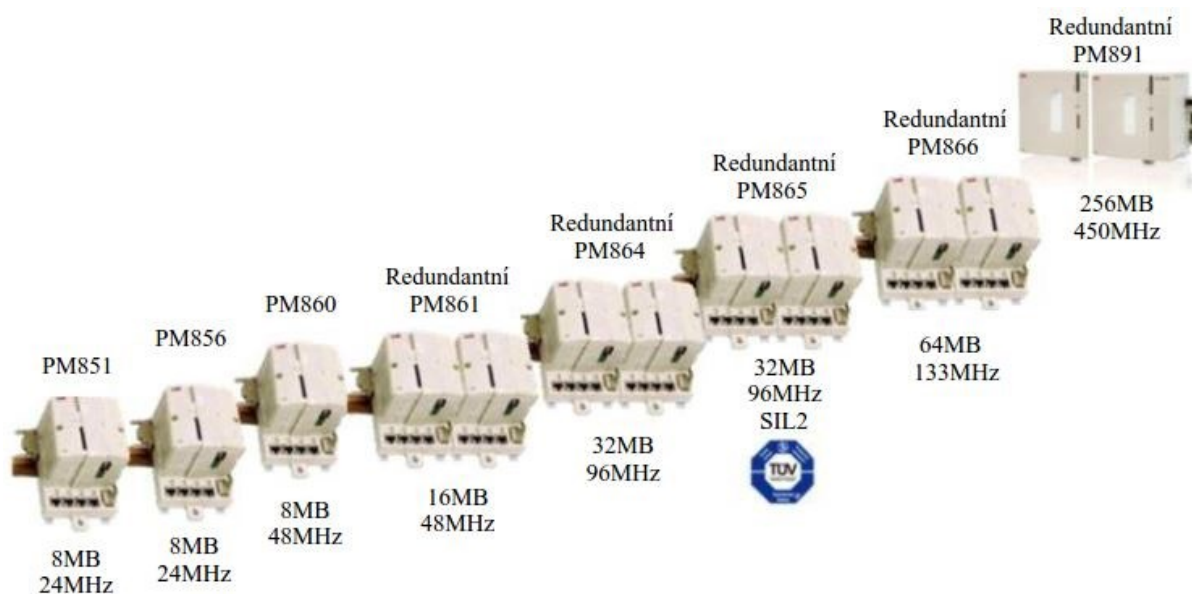
SD831/SD832/SD833/SD834/SS823/SS832

6) Jednotky se záložními bateriemi pro kontroléry

SD821/SD822

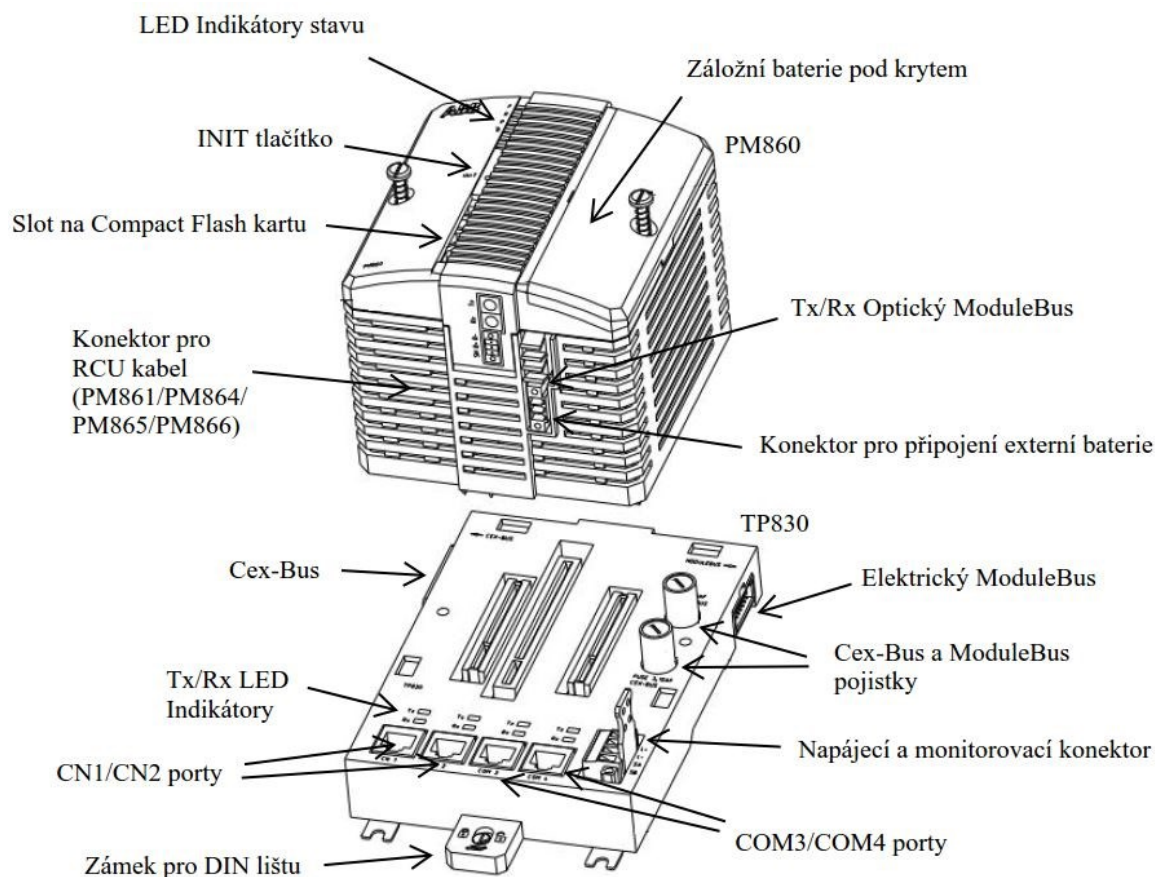
2.1.1 AC800M

Rodina kontrolérů AC800M jsou průmyslové kontroléry pro horizontální i vertikální montáž na DIN lišty do průmyslových rozváděčů. Kontroléry se až na jednu výjimku skládají z patice s označením TP830 a zásuvného modulu s kontrolérem. Výjimku tvoří nejvýkonnější kontrolér řady s označením PM891, který tvoří jeden monolitický blok. [6]



Obr. 6 Rodina kontrolérů řady AC800M [11]

Jednotlivé typy kontrolérů se od sebe odlišují rychlostí mikroprocesoru, velikostí vnitřní paměti, možností redundantního zapojení, možností SIL rozšíření a rozdílnou velikostí proudů pro napájení sběrnic. Upřesňující specifikaci odlišného HW vybavení ilustruje obrázek 6. [7]



Obr. 7 Kontrolér s typovým označením PM860 a patičí TP830 [7]

Obrázek 7 zobrazuje kontrolér s patičí. Patice TP830 se montuje na DIN lištu a obstarává většinu portů pro propojení kontroléru s ostatními jednotkami AC800M systému. Z levé strany patice obsahuje místo pro připojení komunikačních karet na sběrnici Cexbus. Z pravé strany patice obsahuje konektor pro připojení I/O karet prostřednictvím sběrnice elektrický Modulebus. Z čelního pohledu patice obsahuje dva RJ45 porty s názvem CN1 a CN2 pro připojení k řídicí komunikační síti. Dále patice obsahuje sériový port RS-232C s označením COM3, který se používá pro sériové protokoly typu Modbus, Siemens 3964R, COMLI. Port COM4 je také typu RS-232C a používá se pouze pro připojení konfiguračního software IP config a nastavení internet protocol (IP) adresy kontroléru pro připojení do sítě. V pravém dolním rohu patice obsahuje svorky L+, L- pro připojení napájecího napětí o velikosti 24VDC. Vedle svorek pro napájecí napětí se nachází dvě svorky označené SA, SB. Tyto slouží pro připojení signálů pro kontrolu stavu napájecího napětí napájecích zdrojů. Protože kontroléry zvládnou napájet až 12 komunikačních karet prostřednictvím sběrnice Cexbus a 12 I/O karet po sběrnici elektrický Modulebus, obsahuje patice pojistky pro každou ze sběrnic. Jednotky připojené na sběrnice typu Cexbus a elektrický Modulebus jsou napájeny skrze procesor napájecím napětím 24VDC. Samotný kontrolér potom z čelní strany obsahuje resetovací tlačítko, compact flash (CF) konektor pro paměťovou kartu

určenou pro zálohování dat, a nebo pro nahrání aplikace do kontroléru, signalizační LED a kryt pod kterým je zabudovaná zálohovací baterie. Baterie napájí RTC a paměti kontroléru. Na spodní straně kontroléru je umístěn RCU konektor, jež se používá pro propojení s druhým kontrolérem v redundantním režimu kontrolérů a optický konektor pro připojení I/O karet skrze optický Modulebus. Uvnitř se kontrolér skládá ze dvou základních částí a to desky zahrnující řídicí část s mikroprocesorem, periferními obvody a desky s napájecími a izolačními obvody. Řídicí deska obsahuje mikroprocesor, paměti RAM, řadiče pro komunikační sběrnice, real time clock (RTC), LED indikátory, INIT tlačítko a slot pro paměťovou kartu typu CF. Hlavním úkolem napájecí desky je vytvořit galvanicky oddělené stejnosměrné napětí o velikosti +5V a +3.3V pro mikroprocesor a I/O jednotky. Deska dále obsahuje opticky oddělené RS232-C vysílače/přijímače a držák na baterii. [7]

2.1.2 AC800M HI kontrolér

Použitím kontroléru PM865 může být řada AC800M použita pro nejnáročnější řídicí aplikace se zajištěním vysoké spolehlivosti procesu. Systém s vysokou spolehlivostí obsahuje komponenty: procesor PM865, monitorovací moduly SM810/SM811, SS823 diodový modul a S800 I/O karty řady High Integrity. [7]



Obr. 8 High Integrity sestava s kontrolérem PM865 [7]

V porovnání s kontrolérem PM864 obsahuje PM865 navíc tyto funkce:

- Dvojitou přepětovou ochranu

- Přídavný watchdog timer zpracovávající data z SM810/SM811
- Zvýšenou kontrolu funkce oscilátoru
- Podporu pro S800 I/O HI
- Podporu pro monitorovací SIL moduly SM810/SM811
- Zvýšenou schopnost diagnostiky

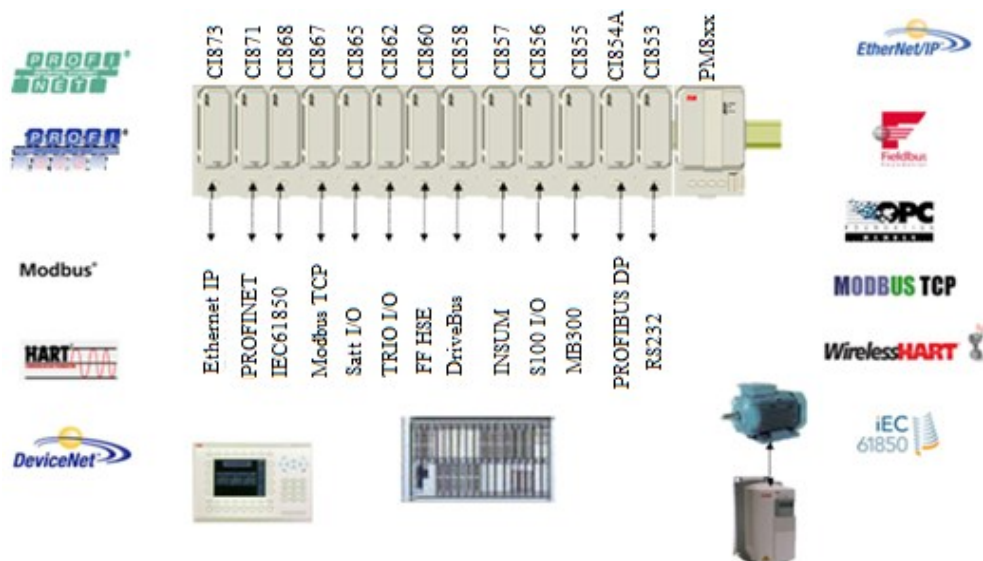
Hlavní funkce SM810 je monitorování správné funkce HW a vykonávání programu kontroléru PM865. Dohromady tyto dva moduly zajišťují bezpečnostní standard typu SIL2 dle normy IEC61850. Jednotka SM811 zajišťuje spolu s kontrolérem stejnou funkci jako typ SM810, ale zajišťuje bezpečnostní standard dle specifikace SIL3 IEC61850. [7]

2.1.3 Redundance kontrolérů

Redundantní režim podporují kontroléry typu PM861, PM864, PM865, PM866 a PM891. V redundantním režimu jsou použity dva totožné kontroléry. V každém z nich je nahrána kontrolní aplikace a ta v nich běží paralelně. Zápis hodnot proměnných probíhá v cyklech do obou kontrolérů. Primární kontrolér řídí aplikaci a sekundární je připraven v hot stand-by režimu pro případ selhání primárního kontroléru. Při poruše primárního kontroléru převezme řízení sekundární kontrolér, čímž je zajištěna vyšší bezpečnost při řízení procesů, kde by chyba řídicího systému způsobila buď výrobní prodlevu a nebo škody na majetku či lidských životech. Přepnutí řízení z primárního na sekundární kontrolér je uskutečněno do maximální doby 10ms. Při přepínání řízení se aplikace běžící v kontroléru zastaví. Sekundární kontrolér při převzetí řízení vykoná znovu instrukci ve které primární procesor skončil. Redundantní spojení kontrolérů se provádí pomocí RCU kabelu s označením TK851. Maximální délka propojovacího kabelu TK851 je 1,5m. [7]

2.1.4 Komunikační karty řady AC800M

Platforma AC800M obsahuje mimo jiné rozšiřitelné komunikační karty podporující různé komunikační protokoly používané napříč procesní automatizací. Komunikační karty se připojují ke kontroléru skrze Cexbus sběrnici na levé straně patice TP830. Kontrolér je schopen po Cexbus sběrnici napájet až 12 komunikačních karet. Počet připojitelných komunikačních karet na Cexbus sběrnici se liší dle použitého typu kontroléru. Tuto skutečnost je potřeba dohledat v příslušné dokumentaci. Karty jsou opět modulárního typu a skládají se z komunikační karty a patice. Následující obrázek ukazuje možné typy komunikačních karet a jejich komunikační standardy připojené ke kontroléru přímo přes komunikační sběrnici Cexbus. [7]



Obr. 9 Komunikační karty připojené na CEX-bus [7]

V tabulce 1 je uveden popis komunikačních karet s vyznačením možnosti redundance a výměny za chodu.

Jednotka	Typ komunikačního standardu	Výměna za chodu	Redundance
CI851	PROFIBUS DP-V0	Ne	Ne
CI853	RS-232C	Ne	Ne
CI854A	PROFIBUS DP-V1	Ano	Ano
CI855	MasterBus 300	Ano	Ne
CI856	S100 I/O	Ano	Ne
CI857	INSUM	Ano	Ne
CI858	DriveBus ABB Drives	Ne	Ne
CI860	FOUNDATION Fieldbus HSE	Ano	Ne
CI865	Satt I/O systems	Ano	Ne
CI867	Modbus TCP via Ethernet	Ano	Ne
CI868	IEC61850	Ano	Ne
CI871	CI871	Ano	Ne
CI873	CI873	Ano	Ne

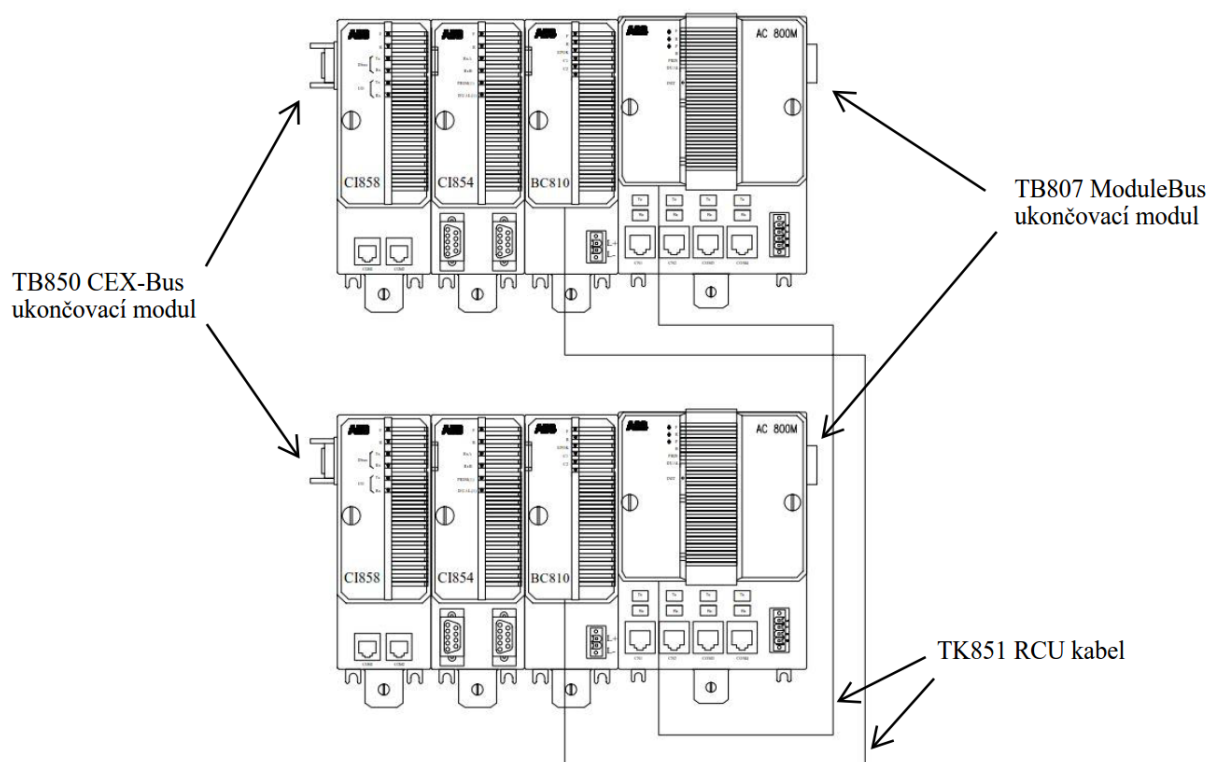
Tab. 1 Parametry komunikačních karet AC800M [7]

Komunikační Cexus sběrnice se musí vždy ukončit ukončovacím modulem TB850 z levé strany patice - kontroléru. Pokud komunikační karty nejsou namontovány na jedné DIN liště lze použít prodlužovací kabel sběrnice s označením TK850 o maximální délce 0,7 m a konektorem typu DB25P. Kabel se do komunikačních karet připojuje z levé strany. Cexus sběrnici je pak třeba ukončit ukončovacím konektorem s označením TB807 z pravé strany komunikační karty. [7]

2.1.5 Cexbus propojovací karty BC810

Rozšiřující karta BC810 je komunikační karta kompatibilní s patičí TP857 sloužící pro připojení komunikačních karet ke kontroléru. Karta s patičí se zapojuje na první slot komunikační sběrnice Cexbus vedle kontroléru tedy na levou stranu. Hlavní funkcí jednotky BC810 je rozdělení komunikační Cexbus sběrnice na dvě fyzicky oddělené části. Maximální počet komunikačních jednotek připojených k BC810 je šest. Výhodou této konfigurace je rozdělení Cexbus sběrnice na dvě skupiny komunikačních karet. Každá skupina obsahuje svou vlastní BC810 rozšiřující komunikační kartu, která je schopna napájet další připojené komunikační karty stejně jako kontrolér skrze napájecí konektory vyvedené na patiči TP857. To znamená, že pokud dojde k chybě některé z komunikačních jednotek v jednom segmentu tak tato událost nebude mít vliv na funkčnost kontroléru a druhého segmentu s ostatními komunikačními kartami. Ze samostatného napájení pramení další výhoda a to možnost výměny patice s kontrolérem při zachování funkčnosti některých komunikačních karet. [7]

Komunikační karta BC810 s patičí TP857 se používá ve dvou konfiguracích. V první konfiguraci pro rozdělení komunikačních jednotek na dvě části použitím dvou BC810 karet při komunikaci s jedním kontrolérem. Při rozdělení komunikačních karet na dvě poloviny je umožněna redundance těchto komunikačních karet. To znamená, že pokud jsou komunikační karty redundantní lze jich ke kontroléru připojit maximálně 6 v páru. Propojovací karty BC810 se v tomto případě propojují kabelem s označením TK851 typu RCU link a konce komunikačních karet ukončovacím modulem TB850. [7]



Obr. 10 Redundantní zapojení kontrolérů s rozšiřujícími kartami BC810

V druhé konfiguraci se vyskytují dva redundantní kontroléry a dvě karty BC810. Výhody jsou stejné jako v prvním případě a navíc je zde zachována dostupnost obou segmentů s komunikačními kartami pro oba kontroléry pro případ poruchy jednoho z nich. Při redundantním zapojení komunikačních karet musí být druhá redundantní komunikační karta do páru zapojená na rozšiřující segment druhé karty BC810. [7]

2.1.6 Napájecí zdroje a diodové moduly

Komponenty řady AC800M jsou napájeny stejnosměrným napětím o velikosti 24V. Platforma obsahuje také svoje vlastní spínané napájecí zdroje s označením SD831, SD832, SD833, SD834. Zdroje jsou určeny pro montáž na DIN lištu a dle nebezpečí prostředí do kategorie normálního prostředí. Zdroje mohou být napájeny jak střídavým napětím o velikosti 100-240V tak i napětím stejnosměrným o velikosti 110-300V. Při napájení stejnosměrným napětím se připojuje kladný pól na svorku L a záporný na svorku N. Následující tabulka uvádí parametry jednotlivých typů zdrojů. [7]

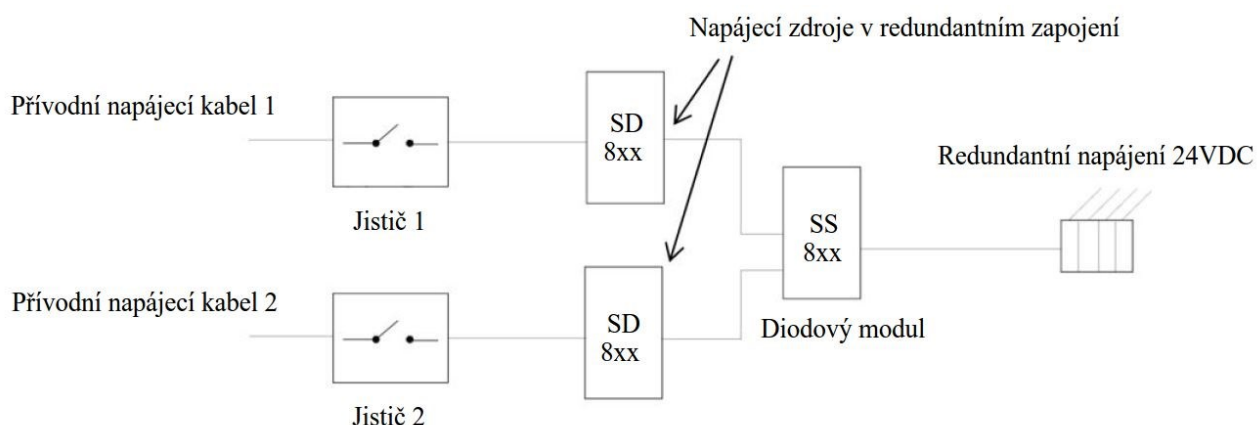
Typ	Vstupní napětí AC	Vstupní napětí DC	Výstupní napětí DC	Výstupní proud
-	[V]	[V]	[V]	[A]
SD831	110-240	110-300V	24	3
SD832	110-240	110-300V	24	5
SD833	110-240	110-300V	24	10
SD834	110-240	110-300V	24	20

Tab. 2 Parametry napájecích zdrojů platformy AC800M [7]



Obr. 11 Napájecí zdroj SD831 AC800M platformy [12]

Pro zvýšení výkonu dodávaného do zátěže je možné napřímo paralelně propojit zdroje typu SD834. Kontroléry a karty je výhodné zapojit na vlastní nezávislý okruh napájení z důvodu vyšší spolehlivosti. Společně s napájecími zdroji se v určitých případech používají i diodové inteligentní moduly. AC800M obsahuje diodové moduly s označením SS822, SS823, SS832. Diodové moduly základního typu paralelně oddělují zapojené napájecí zdroje. Tím zamezují toku vyrovnávacích proudů mezi zdroji a v případě zkratu jednoho zdroje nedojde ke zkratování druhého. Redundantní zapojení zdrojů se používá tam, kde je potřeba maximální spolehlivost zařízení. Inteligentní diodové moduly dokážou přerozdělovat zátěž zdrojů při paralelním zapojení například v poměru 80/20. [7]



Obr. 12 Možné uspořádání napájecích zdrojů AC800M systému

Diodové moduly také zajišťují monitorování stavu napájecího napětí na kontrolérech. Připojovacími místy jsou na patici kontroléru svorky s označením SA, SB. V normálním stavu je na těchto svorkách napětí 24VDC.

2.1.7 Záložní externí baterie

Platforma AC800M obsahuje také rozšíření kontroléru v podobě dvou externích záložních baterií. Záložní baterie nesou označení SB821 a SB822. Typ SB821 obsahuje patici pro vyměnitelnou 3,6V lithiovou baterii s kapacitou 16Ah. Tento typ baterie poskytuje nejdelší možnou zálohu pro napájení paměti kontrolérů. Výdrž baterie se liší u jednotlivých kontrolérů dle velikosti jejich paměti. Druhým typem je dobíjecí baterie SB822 o kapacitě 2,3Ah při napájecím napětí 3,75V. Maximální doporučený počet nabíjecích cyklů je 400. Pokud je ke kontroléru připojen jeden z těchto typů externích baterií musí být vyjmuta interní baterie kontroléru. Signalizaci stavu baterie signalizuje LED na kontroléru s označením písmenem B. [7]

CPU jednotka	interní baterie	SB821	SB822
	3,6V / 0,95Ah	3,6V / 16Ah	3,75V / 2,3Ah
	min. výdrž [h]	min. výdrž [týdnů]	min. výdrž [h]
PM851/856/860	48	4	100
PM861A	118	12	240
PM864A	235	24	490
PM865	235	24	490
PM866	158	15	384

Tab. 3 Výdrž zálohování pro jednotlivé typy kontrolérů a baterií [7]

2.2 S800 I/O vstupně výstupní karty

S kontroléry řady AC800M systému 800xA je úzce spjata s redundantními vstupně výstupními modulárními kartami s označením S800 I/O. Fyzicky přivedené signály na I/O karty tvoří rozhraní mezi kontrolérem a řízenou technologií. S800 I/O karty komunikují s kontrolérem buď napřímo skrze elektrický a optický Modulebus a nebo skrze komunikační kartu podporující standard Profibus-DP/DPV1. Tyto vstupně výstupní karty jsou určeny pro montáž na DIN lištu. Stejně jako kontrolér se karty vkládají do patice a umožňují výměnu karty pod napětím. Karty podporují redundanci použitím patice pro dvě identické I/O karty. Řada karet S800 I/O také obsahuje karty s označením HI, které spadají do bezpečnostní kategorie SIL3. Vstupně výstupní karty se vyrábí v provedení s 16/8/4 vstupy/výstupy. Z hlediska typu signálu se karty dělí na digitální a analogové a z hlediska směru signálu na vstupní a výstupní. Montážních patic a vstupně výstupních karet řady S800 I/O existují desítky druhů. Z tohoto důvodu se v následujícím výkladu omezím pouze na ty typy karet a patic, které budu používat v praktické části diplomové práce. [8]

2.2.1 Specifikace základních typů I/O karet a příslušenství

Patice TU810

TU810 je 16 kanálová kompaktní patice pro připojení signálů z čidel a akčních členů ke vstupně/výstupním kartám řídicího systému. Patice se připojuje k patici kontroléru skrze elektrický Modulebus a umožňuje připojení dalších patic pro modulární I/O karty řady S800. Na jeden kanál je možné připojit maximální napětí o velikosti 50VDC a proudu 2A. Kanály patice jsou rozděleny do dvou rovnocenných a od sebe navzájem oddělených skupin každá po 8 kanálech. Každá skupina má svoje vlastní napájecí svorky. Patice umožňuje připojení vodiče do maximálního průřezu 4mm² a poskytuje krytí proti mechanickým vlivům IP20. Z čelního pohledu obsahuje patice dvě kolečka s písmeny A-F. Kolečka slouží pro zamezení vložení jiného typu karty než ten, který je nakonfigurován pomocí těchto zámků. I/O karta obsahuje tyto zámkové také. Pro kompatibilitu mezi paticí a kartou musí být nastavení zámků shodné. [8]

I/O karta AI810

Tato karta představuje vstupní kartu s osmi analogovými vstupy. Vstupy mají 12 bitové rozlišení a jsou unipolární. Vstupy mohou být napěťové i proudové dle nastavení v rozsazích 0-20mA, 4-20mA pro proud a 0-10V, 2-10VDC pro napětí. Jednotlivé vstupy jsou odolné maximálnímu napětí 30VDC a jsou chráněné proti zkratovému proudu PTC rezistory. Vstupní odpor proudového vstupu je 250Ω. Vstupní odpor napěťového vstupu je 290kΩ. [8]

I/O karta AO810

Karta s označením AO810 je karta s osmi unipolárními proudovými analogovými výstupy. Výstupy mají 14 bitové rozlišení. Rozsah proudových výstupů je volitelný v rozsahu 0-20mA a nebo 4-20mA. [8]

I/O karta DI810

Tato karta zajišťuje funkci digitálního vstupu. Obsahuje 16 kanálů rozdělených na dvě od sebe izolované skupiny po osmi kanálech. Úroveň log.1 karta detekuje pro vstupní napětí v rozmezí 15-30VDC. Log. úroveň 0 karta detekuje v rozmezí vstupních napětí -30 až 5VDC. Vstupní impedance jednotlivých kanálů je 3,5kΩ. Karta umožňuje nastavení digitálního filtrování vstupů v časech 2, 4, 8 a 16ms. Každý vstup má svou vlastní nadproudovou a přepětovou ochranu a je opticky oddělen. Karta poskytuje vizualizaci aktuálního stavu kanálů skrze LED umístěné na přední straně karty. [8]

I/O karta DO810

DO810 je šestnácti kanálová karta poskytující funkci digitálního výstupu s výstupním napětím 24V na sepnutém výstupu. Kanály jsou opět rozděleny do dvou od sebe izolovaných skupin po osmi kanálech. Karta umožňuje dodávat proud 0,5A na jeden kanál. Výstupy jsou chráněny proti zkratu tepelnou ochranou, která zareaguje při dosažení teploty 150°C, EMC, induktivní zátěži a jsou opticky odděleny. [8]

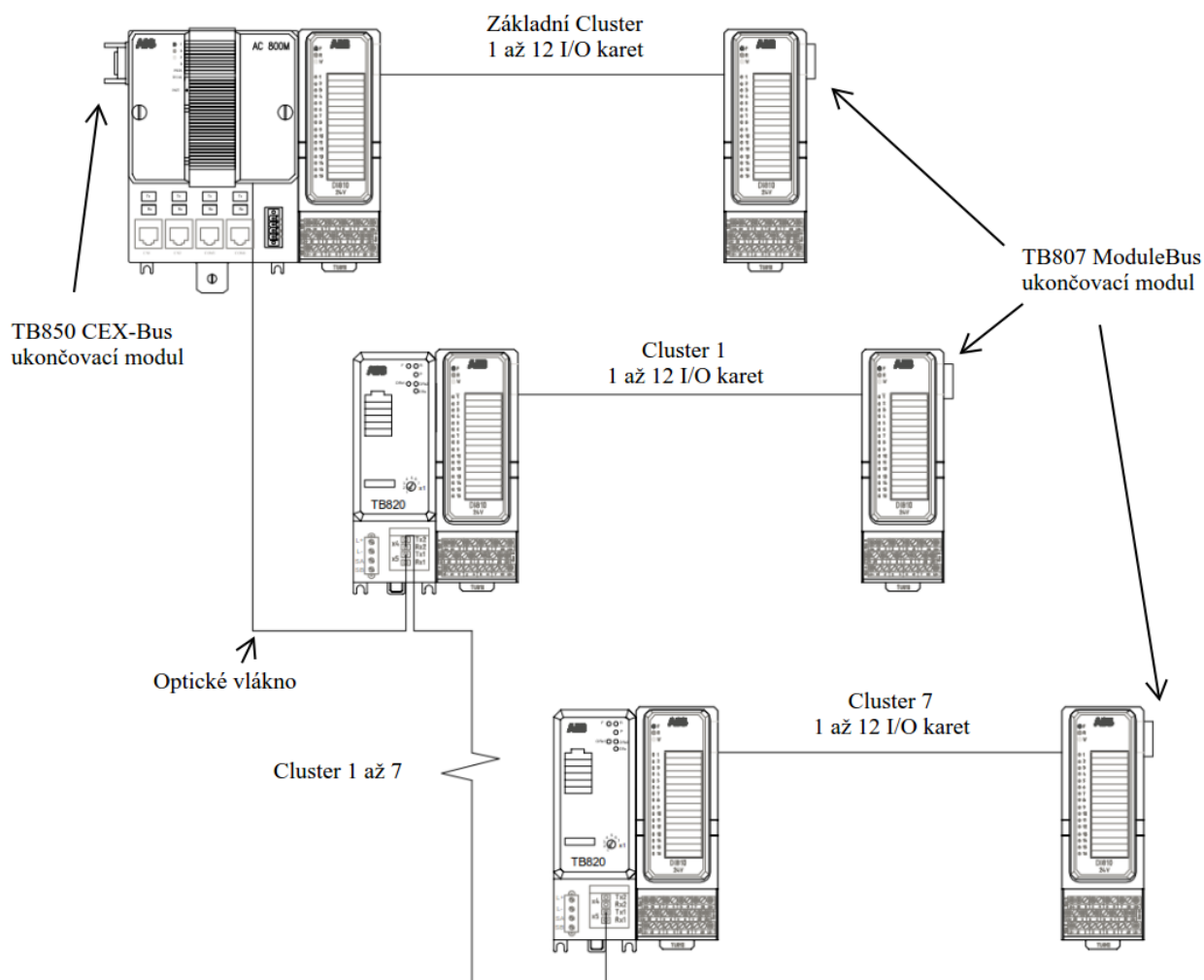
2.2.2 Možnosti připojení I/O karet ke kontroléru

Systém AC800M umožňuje dva způsoby připojení vstupně výstupních karet ke kontroléru. Prvním způsobem je již zmiňovaná sběrnice Modulebus. Druhým způsobem je komunikační protokol

Profibus. Oba uvedené způsoby umožňují redundanci IO karet ve zdvojené patici. V následujícím textu uvedu specifikace těchto komunikací. [9]

Modulebus

Kontrolér komunikuje s S800 I/O kartami prostřednictvím komunikační sběrnice Modulebus. I/O karty jsou rozděleny do segmentů (clusters) kdy jeden segment obsahuje 12 I/O karet. Kontrolér umožňuje napřímo napojit jeden základní segment přes elektrický Modulebus. Napojení druhého segmentu se provádí přes optický Modulebus port, umístěný na spodní straně kontroléru, a komunikační Modulebus modem s označením TB820. Přes optický komunikační modem je možné napojit až sedm segmentů po dvanácti kartách. Při maximální možné konfiguraci je možné přes Modulebus připojit 96 I/O karet. Optický modem má skrze příslušnou patici vlastní napájení 24VDC a svorky SA, SB pro monitorování stavu napětí na patici při redundantním napájení. Vzdálenost mezi komunikačními moduly je závislá na počtu komunikačních modemů, typu optického vlákna a pohybuje se od 15 do 200m. [9]

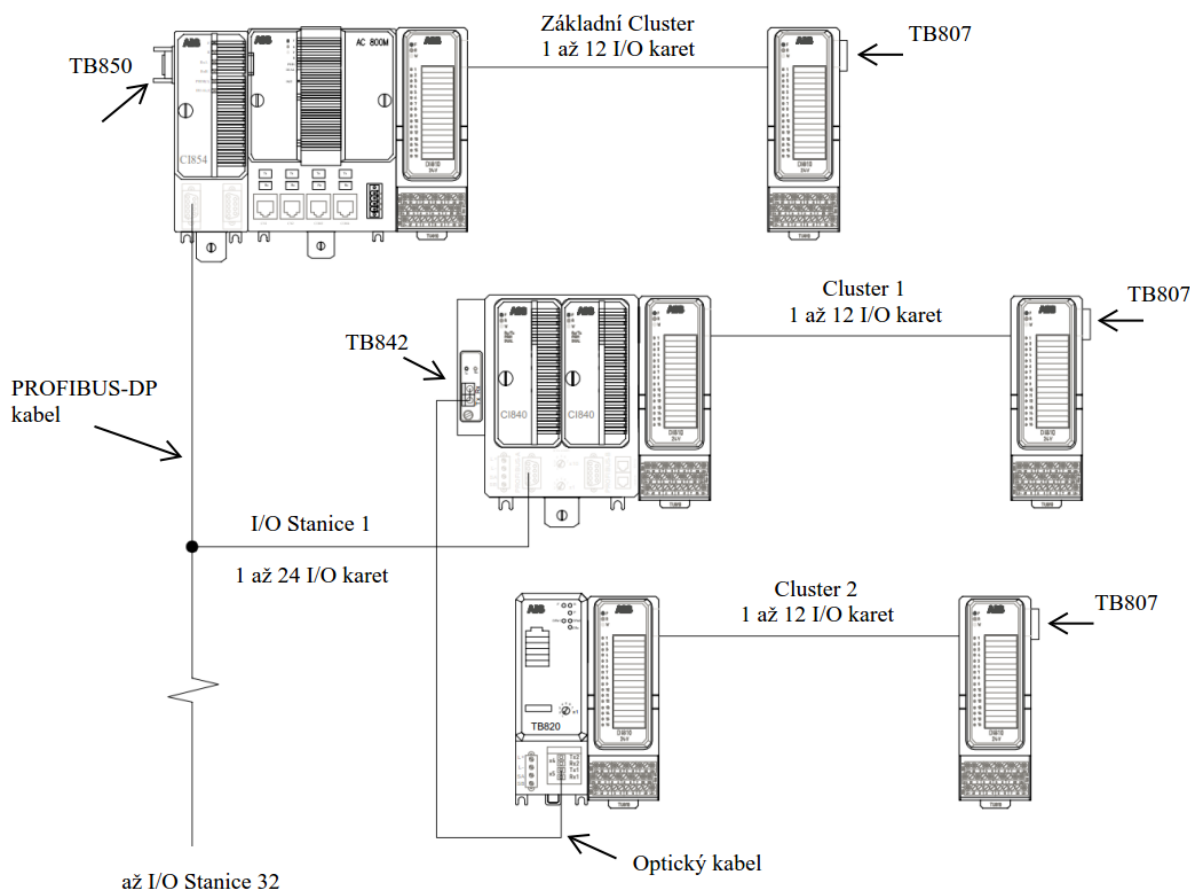


Obr. 13 Připojení I/O karet ke kontroléru skrze ModuleBus

Redundance Modulebus sběrnice je umožněna použitím redundantního optického Modulebus modemu TB840. TB840 je zdvojená verze optického Modulebus modemu TB820. I/O karty mohou být také redundantní použitím rozšířených redundantních patič pro dvě identické I/O karty. Při použití redundantních I/O karet se množství karet v segmentu zmenší na 6 redundantních párů na segment. [9]

PROFIBUS

S800 I/O karty mohou být ke kontroléru připojeny také skrze průmyslovou sběrnici PROFIBUS. Tento standard podporuje komunikační karta CI854 a komunikační Profibus modemy CI801/CI830/CI840. Komunikační karta CI854 se připojuje na Cexbus sběrnici kontroléru a s komunikačními modemy je spojena skrze Profibus kabel s konektorem DB9. Komunikace probíhá v režimu master-slave. I/O karty jsou členěny stejně jako u Modulebus sběrnice do segmentů po dvanácti I/O kartách. Komunikační modemy jsou rozšiřitelné optickými moduly TB842. Na optický modul je možné připojit optický Modulebus modem TB820 a k němu další segment dvanácti I/O karet. Tato sestava se nazývá I/O stanice a obsahuje 24 I/O karet. Profibus kabel umožňuje maximální délku 1200m. K jednomu segmentu Profibus karty je možné připojit 32 I/O stanic tedy 768 I/O karet. [9]



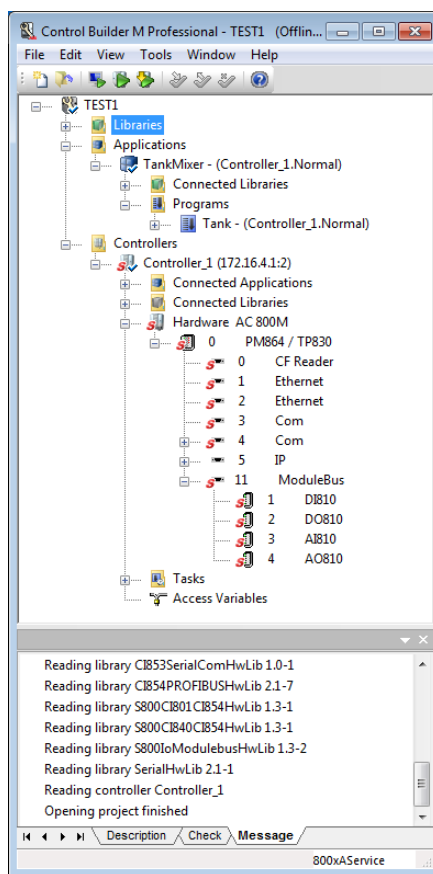
Obr. 14 Připojení I/O karet ke kontroléru skrze PROFIBUS

Redundance Profibus sítě je zajištěna dvěma komunikačními modemy CI840 ve společné patici TU847 a redundantním optickým Modulebus modemem TB840. [9]

2.3 Control Builder M

Control Builder M je vývojové prostředí pro platformu kontroléru AC800M a k nim přidružených I/O karet řady S800 I/O. Tento programovací software umožňuje nastavovat IP adresy kontrolérů pro připojení do sítě, konfigurovat HW sestavu systému, spravovat proměnné, vytvářet aplikační software, spravovat priority aplikací a vytvářet a spravovat knihovny funkcí. Programovací prostředí Control builder M podporuje pět typů programovacích jazyků, z nichž každý má vlastní syntaxi. Jednotlivými programovacími jazyky jsou tyto: Function Block Diagram, Structured Text, Instruction List, Ladder Diagram, Sequential Function Chart. [6]

Hlavní interface programu Control Builder M se nazývá Project Explorer a je to oblast, která zobrazuje právě otevřený projekt. Dle obrázku 15 je to projekt s názvem TEST1. Projekt se skládá ze tří částí a to z databáze knihoven, které může aplikace využívat, dále z vytvářené aplikace a hardwarové konfigurace systému. [6]



Obr. 15 Struktura programovacího nástroje Control Builder M

2.3.1.1 Libraries

Složka s názvem Libraries obsahuje sadu knihoven což jsou předpřipravené kusy kódu, které se často vyskytují v programech. Knihovny využívané nástrojem CBM se dělí na dva typy. První typ knihoven reprezentuje reálné objekty jako ventil a nebo logické členy realizující matematické operace jako například logický součin AND nebo součet OR. Druhý typ knihoven se připojuje do HW struktury a obsahuje ovladače pro použité kontroléry a karty. Jednotlivé technologické výrobní procesy používají speciálně vytvořené knihovny vytvořené přesně pro odvětví které je využívají. [6]

2.3.1.2 Application

Složka Application v sobě obsahuje veškerý kód, který se nahrává do kontroléru. Jednotlivé části programu se dají dělit do funkčních skupin pro rozlišení a zřehlednění konkrétní funkce části programu. Dále je možné kombinovat části aplikace použitím kombinace programovacích jazyků. Aplikace obsahuje několik typů proměnných přičemž globální proměnné, které jsou viditelné v rámci projektu se definují na úrovni aplikace a dále programové proměnné, které jsou definovány a jsou viditelné pouze na úrovni programu. Pokud připojíme požadovanou knihovnu k projektu, je tuto knihovnu pro její využití třeba připojit i ke konkrétní aplikaci do sekce Connected Libraries. [6]

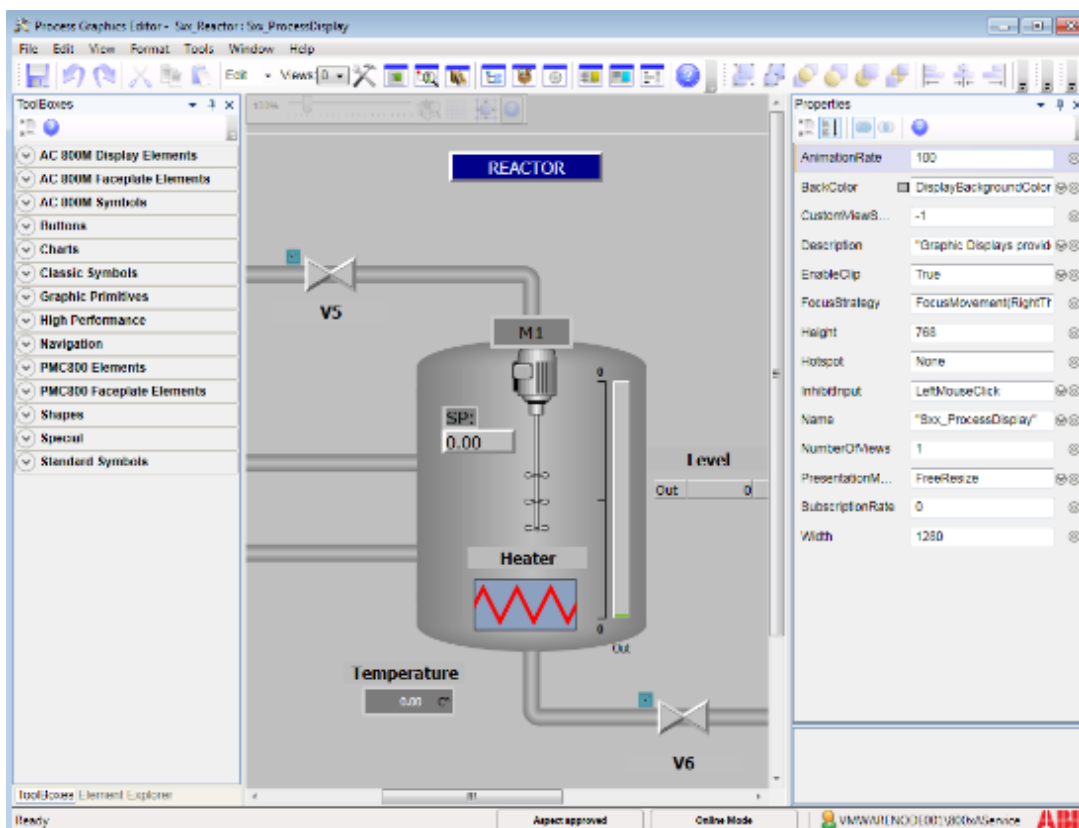
2.3.1.3 Controller

Složka Controller v sobě uchovává připojené aplikace, které má kontrolér vykonávat, ve složce Connected Applications. Dále hardwarovou konfiguraci systému spolu s hardwarovými knihovnami použitých kontrolérů komunikačních karet a IO karet ve složkách Connected Libraries a Hardware AC800M. Poslední částí struktury Controllers je složka s názvem Task. Ta slouží k nastavení exekučního času a offsetu pro nastavení rychlosti vykonávání jednotlivých aplikací a programů. [6]

2.4 Graphic Builder

Graphic Builder je software pro vytváření grafických aspektů k objektům vyskytujícím se v technologii. Grafickým aspektem se rozumí grafické elementy, grafické displeje, faceplate a vizualizační prvky, které umožňují operátorovi výroby sledovat aktuální stav výrobní technologie a také technologii řídit. Grafickým elementem je například ikona ventilu umožňující skrze barevné nastavení indikaci stavu zavřeno/otevřeno. Faceplate je speciální typ aspektu umožňující operátorovi zvolit automatické či manuální ovládání řízeného objektu skrze operátorské grafické rozhraní. Grafický displej je složen z několika grafických elementů a grafických symbolů zjednodušujících orientaci na operátorském displeji. Grafické elementy umožňují kliknutím myši vyvolat ovládací grafický element faceplate, pokud je tato funkcionality nadefinována. [10]

Obrázek 16 představuje editovaný operátorský displej (aspekt) v konfiguračním programu Graphic Builder. Tento konfigurační nástroj se skládá ze třech částí. První částí je panel pro editaci a rozvržení grafického aspektu a je umístěn uprostřed hlavního interface programu. Pole s názvem Toolboxes obsahuje sekci s grafickými elementy a symboly použitelnými v panelu pro editaci. Třetí částí je pole s názvem Properties sloužící pro nastavení požadovaných vlastností vloženého grafického objektu. [10]



Obr. 16 Ovládací prostředí grafického nástroje Graphic Builder

3 Příklady použití systému ABB 800xA

Systém 800xA se používá v různých odvětvích průmyslu, kde jsou kladeny odlišné požadavky na bezpečnost a spolehlivost navrhovaného zařízení. Převážnou část automatizačních ABB systémů využívá průmysl na těžbu ropy, lodní systémy, továrny na zpracování kovů a papírny. V těchto systémech zajišťuje systém 800xA hned několik aplikací od řízení a monitorování napájecí soustavy, řízení technologie výroby a také řízení zařízení pro zajištění bezpečnosti. Každá aplikace využívá jinou úroveň redundance buď dle požadavků zákazníka a nebo podle požadavků standardů pro zajištění certifikované úrovně zabezpečení. Vrtná plošina je příkladem technologického zařízení, kde se systém 800xA vyskytuje hned v několika odlišných aplikacích. Těžba ropy je činnost, která vyžaduje vysokou míru spolehlivosti a bezpečnosti.

Jednou z aplikací vyskytující se na ropné plošině využívající systém 800xA je tzv. PMS (Power Management System). Je to aplikace používající se k zajištění ochrany, řízení, monitorování výroby elektrické energie a její distribuce napájecí soustavy. Využívá se u ostrovních sítí, kde jsou jediným dostupným zdrojem elektrické energie pro napájení ostatních zařízení místní generátory. Inteligentní ochranné prvky ve spolupráci se systémem 800xA umožňují řídit a přerozdělovat tok dostupné generované energie v ostrovní síti tak, že při výpadku části generátorů nedojde k přetížení a výpadku celé sítě. Místo toho dojde k odpojení zařízení, jejichž funkce a provoz nejsou pro napájený systém nezbytně důležité, dle jejich priority. Výpadek napájení v takto energeticky náročných systémech by mohl znamenat i několika denní přerušení výroby, což by mělo za následek obrovskou finanční ztrátu. PMS aplikace využívá standardní hardware řady AC800M a S800 I/O jako se používají pro řízení technologického procesu.

Další aplikací využívající systém 800xA spolu s platformou AC800M a S800 I/O je aplikace s názvem PCS (Proces Control System). Tato aplikace slouží pro řízení a monitorování technologického procesu. Zajišťuje chod výrobní technologie. Je řízena programem v kontroléru a ovládána, monitorována prostřednictvím operátorských pracovišť. Míra redundance je závislá na požadavcích zákazníka.

Dále se systém 800xA využívá v aplikaci s názvem F&G (Fire&Gas). Svou podstatou se jedná o bezpečnostní aplikaci, která zajišťuje ochranu proti ohni a proti úniku plynů v objektu. Systém zajišťující bezpečnost je nezávislý a plně automatický a jeho úkolem je zajistit opatření proti vzniku škodlivých událostí při detekci plynu a nebo ohně. F&G aplikace je plně redundantní s použitím HI AC800M, S800 I/O komponent s TÜV certifikací a SIL.

Druhým typem bezpečnostní aplikace systému 800xA je aplikace s názvem ESD (Emergency Shutdown System). Používá se všude tam kde by selháním řídicího systému došlo k rozsáhlým škodám jako například na ropné plošině. ESD se používá k ochraně zdraví osob a prostředí a má za úkol minimalizovat škody v nouzovém režimu. Bezpečnostní aplikace jsou plně redundantní a splňují certifikace dle SIL a TÜV a využívají HI komponent AC800M a S800 I/O platformy.

4 Návrh testovacího rámu pro systém ABB 800xA

4.1 Specifikace požadavků na testovací rám

Požadavek pro sestavení testovacího rámu vyšel z potřeb školicího centra ABB Univerzity v Ostravě, kde jsou školeni zaměstnanci pro práci se systémem 800xA. Školení se provádí pro šest osob současně, kdy každý obsluhuje jednu inženýrskou stanici. Školení inženýři tak postupně vytváří řídicí kód pro řízení simulované technologie pomocí HW simulátoru technologického procesu OSLO, v programu Control Builder M a operátorský displej pro interakci se systémem pomocí nástroje Graphic Builder. Řídicí aplikace je po té nahrána do fyzického kontroléru pro demonstraci funkčnosti a osvojení základů práce se systémem. Ke kontroléru je skrze kabelový adaptér a I/O karty připojen hardwarový simulátor technologického procesu OSLO, který představuje reálnou řízenou průmyslovou výrobní technologii. Jedná se o nádrž s přívodními a výstupními ventily, topným tělesem, mixérem, chladičem a čidly pro měření hladiny a teploty. V současné době obsahuje školicí středisko pouze jeden fyzický kontrolér s připojeným HW simulátorem technologického procesu pro šest osob. Současný stav HW vybavení je nedostatečný pro výuku systému 800xA. Základní požadavek na testovací rám je ten, aby obsahoval šest kontrolérů řady AC800M a z toho pro tři kontroléry odpovídající počet S800 I/O karet pro připojení tří HW simulátorů technologického procesu OSLO. Vstupy a výstupy I/O karet budou vytaženy na patici, do které se připojí HW simulátor přes kabel s konektorem. Zbylé tři kontroléry budou obsahovat jednu kartu s šestnácti digitálními vstupy a jednu kartu s šestnácti digitálními výstupy. Testovací rám bude mít otevřenou konstrukci pro demonstraci zapojení a použitých komponent. Připojení kontrolérů do ABB sítě bude zajištěno ethernetovým switchem s odpovídajícím počtem portů. Pro lepší využitelnost kontrolérů z důvodu jejich vysoké pořizovací ceny, bude testovací rám obsahovat možnost pro umístění, napájení a připojení dvou mobilních IED (inteligentních elektronických zařízení) typu REF615 ke dvěma kontrolérům skrze komunikační karty a ethernetový switch. Připojení zařízení REF615 ke kontrolérům bude zajištěno skrze komunikační karty typu CI868. Připojení do napájecí sítě zařízení REF615 bude zajištěno skrze dvoupólovou zásuvku s ochranným vodičem. Zařízení na testovacím rámu napájené malým stejnosměrným napětím o velikosti 24V budou napájeny z jednoho průmyslového napájecího zdroje. Hlavní přívod testovacího rámu bude napájen z jednofázové dvoupólové zásuvky s ochranným kolíkem se jmenovitým střídavým napětím 230V a proudem 16A.

4.2 Simulátor technologického procesu OSLO z HW hlediska

Před specifikací komponent je zapotřebí uvést parametry HW simulátoru pro který se z převážné části testovací rám sestavuje. HW simulátor OSLO představuje technologii nádrže s topným tělesem pro napouštění, vypouštění směsi a její zahřívání, míchání a ochlazování. Jednotlivé části simulátoru jsou reprezentovány a ovládány skrze vstupy a výstupy kompatibilní s PLC fieldbus napěťovými a proudovými úrovněmi. Tyto vstupy a výstupy jsou na simulátoru vyvedeny na dva hlavní porty P1,P2 typu DB25 (pro verzi HW simulátoru OSLO s označením 2+). Celkově obsahuje HW simulátor 20 digitálních vstupů, 17 digitálních výstupů, 3 analogové vstupy s rozsahem napětí 0-10V a 6 analogových

výstupů také s rozsahem napětí 0-10V. Význam jednotlivých pinů konektorů simulátoru je popsán manuálu [15].

4.3 Specifikace komponent testovacího rámu

4.3.1 Montážní rám

Pro testovací rám bude použit pojízdný montážní rám typu Data Rack od certifikovaného výrobce rozváděčových skříní Rittal. Podstavec obsahuje pojízdná kolečka pro možnost jednoduchého přemístění testovacího rámu. Z důvodu velkého počtu zařízení bude rám obsahovat dvě upevňovací roviny typu DK 7298.000 široké 19" s výškou 1,8m. Upevňovací roviny jsou od sebe vzdálené 0,35m. Protože bude testovací rám využíván pouze v prostorách školícího střediska, má montážní rám otevřenou konstrukci pro demonstraci zapojení a možnosti měření na pinech I/O karet.

4.3.2 Kontrolér a komunikační karty

Pro testovací rám budou použity kontroléry typu PM864. Výpočetní rychlost a velikost paměti kontroléru se volí dle počtu signálů z pole a s tím spojené velikosti programu, a také dle exekučního času použitých knihoven. Pro spolupráci s HW simulátorem OSLO je výkon PM864 dostačující a byl zvolen také z důvodu možnosti redundance. Z toho plyne možná vyšší využitelnost zakoupeného hardware v budoucích aplikacích z důvodu vysokých pořizovacích nákladů. Testovací rám bude obsahovat šest kontrolérů typu PM864. Protože je jedním z požadavků na testovací rám možnost připojení IED typu REF615, který komunikuje s kontrolérem skrze komunikační standard IEC61850, je třeba doplnit dva kontroléry dvěma komunikačními kartami typu CI868 podporující IEC61850 protokol.

4.3.3 I/O karty a kabelový adaptér

Volba typu vstupně výstupních karet řady S800 I/O vychází z počtu a typu vstupů a výstupu HW simulátoru. Protože HW simulátor obsahuje 20 digitálních vstupů se vstupním napětím 24VDC bude tyto signály generovat I/O karta s 16 digitálními výstupy typu DO810. Čtyři digitální vstupy simulátoru nebudou zapojeny z toho důvodu, že nejsou nezbytné pro funkci HW simulátoru OSLO. Nevyužité signály nejsou nezbytné pro chod simulátoru a vyžadovaly by další DO kartu, což by zvýšilo pořizovací cenu testovacího rámu. Dále HW simulátor obsahuje 17 digitálních výstupů s výstupním napětím 24VDC. Tyto signály budou napojeny na kartu s šestnácti digitálními výstupy typu DI810. Jeden signál typu digitální výstup opět nebude zapojen ze stejných důvodů jako při volbě DO karty. Dále simulátor obsahuje tři analogové vstupy, ty bude obstarávat karta s analogovým výstupem v rozsahu 0-10V. Pro tento účel se nejlépe hodí analogová karta AO820. V laboratoři jsou k dispozici osmi kanálové analogové karty AO810 s proudovým výstupem 0-20mA, ty lze připojením 0,5W rezistorů o velikosti

$R = 500 \Omega$ předělat na výstupy 0-10V a proto budou použity. Posledním typem signálů, které obsahuje simulátor je 6 analogových výstupů s rozsahem 0-10V. Tyto bude obstarávat osmi kanálová analogová vstupní karta AI810. Tato kombinace čtyř typů I/O karet bude na testovacím rámu třikrát a připojena ke třem kontrolérům. Vstupy a výstupy I/O karet budou propojeny vodiči na tři kabelové adaptéry dodávané k HW simulátoru. Adaptér obsahuje osmdesát šroubových svorek a tyto svorky jsou vyvedeny na dva konektory typu DB25 a dva konektory DB15. K dalším třem kontrolérům budou připojeny digitální karty typu DI810 a DO810. Dohromady bude testovací rám obsahovat šest karet typu DI810, šest karet DO810, tři karty AI810 a tři karty AO810 spolu se třemi kabelovými adaptéry HW simulátoru OSLO. Všechny použité I/O karty budou vloženy do patic typu TU810, což je nejnižší řada patice ze série S800 I/O, která plně dostačuje pro aplikaci. Dohromady bude testovací rám obsahovat 18 patic typu TU810.

4.3.4 Ethernetové switche

Pro připojení kontrolérů do řídicí komunikační sítě, popřípadě kombinované sítě Klient/Server spolu s Řídicí komunikační sítí bude testovací rám vybaven neřízeným průmyslovým osmiportovým ethernetovým switchem MOXA typu EDS208 s napájecím napětím 24VDC. Druhý ethernetový switch bude použit pro propojení REF615 spolu s kontroléry skrze komunikační karty CI868.

4.3.5 REF615 spolu s upevňovacím držákem

Testovací rám bude z důvodu vyšší využitelnosti zakoupených kontrolérů doplněn o dvě zařízení typu REF615 což jsou elektronicky řízené jednotky pro chránění, ovládání, měření a monitorování vývodů v energetických rozvodnách. Jedná se o přenosné kufříky, které budou do testovacího rámu upevněny skrze upevňovací držák z plechu. Držáky budou navrženy strojním oddělením v ABB Ostrava a vyrobeny osloveným výrobcem na základě vytvořené výkresové dokumentace.

4.3.6 Napájecí zdroj a zásuvky pro připojení IED

Volba stejnosměrného zdroje

Testovací rám bude obsahovat jeden napájecí zdroj s napájením na primární straně o velikosti 230VAC a výstupním napětím na sekundární straně o velikosti 24VDC. Výkon napájecího zdroje je odvozen z proudového odběru jednotlivých komponent celého systému napájených z napájecího zdroje. Dle katalogového listu [7] je maximální udávaná spotřeba kontroléru PM864 487mA při velikosti napájecího napětí 24VDC. Maximální proudová spotřeba komunikační karty CI868 napájené skrze sběrnici Cexbus je dle katalogového listu [7] 250mA při 24VDC. Dále je nutné do proudového odběru stejnosměrného zdroje započítat proudové odběry I/O karet skrze elektrickou sběrnici Modulebus spolu s proudy tekoucími do zátěže. Proudový odběr při 24VDC skrze sběrnici Modulebus se pro jednotlivé

I/O karty provádí dle vzorce (1) [7]. Spotřeby jednotlivých I/O karet jsou uvedeny v katalogových listech [7, 8] AC800M Hardware a S800 I/O.

$$I_m = I_{(24V)} + I_{(5V)} \cdot 0,3 \quad (1)$$

Dosazením hodnot z tabulky 4 do vzorce (1) získáme proudový odběr jednotlivých I/O karet. Ze stejnosměrného zdroje jsou napájené také napěťové výstupy karty DO810. Proudový odběr výstupů je ovlivněn odporem napájeného výstupu. V případě HW simulátoru OSLO je proud tekoucí výstupem 12mA na kanál. DI810 obsahuje 16 kanálů což je při sepnutím všech vstupů najednou proudový odběr 192mA.

	ModuleBus 5V	ModuleBus 24V	Σ ModuleBus 24V
	$I_{(5V)}$ [mA]	$I_{(24V)}$ [mA]	I_m [mA]
DI810	50	-	15
DO810	80	-	24
AI810	70	40	61
AO810	70	245	266

Tab. 4 Proudová spotřeba použitých I/O karet skrze ModuleBus [9]

Celkový proudový odběr platformy AC800M tj. šest kontrolérů PM864 a dvě komunikační karty CI868, S800 I/O tj. šest karet DI810, šest karet DO810, tři karty AI810 a tři karty AO810 spolu se třemi HW simulátory OSLO je dán součtem jednotlivých použitých proudových odběrů kontrolérů, komunikačních karet, I/O karet a externích zátěží v obvodu. Pro zjednodušení výpočtu rozdělíme jmenované komponenty do třech sestav dle jejich funkčnosti a ty potom sečteme a vynásobíme celkovým počtem sestav tak jak se vyskytují na testovacím rámu. První sestava je tvořena komponenty typu PM864, DI810, DO810, AI810, AO810 a HW simulátorem OSLO. Tato sestava se na testovacím rámu vyskytuje třikrát. Druhou sestavu tvoří kontrolér PM864, CI868, DI810 a DO810. Tato sestava se na testovacím rámu vyskytuje dvakrát. Třetí sestavou jsou komponenty typu PM864, DI810 a DO810 vyskytující se na rámu jednou. Proudové odběry sestav se vypočtou dosazením výše uvedených hodnot do vzorce (2), vynásobí počtem zastoupení sestav a sečtou dohromady [7].

$$I_{tot} = I_{m1} + I_{m2} + I_{mn} + I_{unit1} + I_{unit2} + I_{unitn} + I_{ext1} + I_{ext2} + I_{extn} \quad (2)$$

	počet [ks]	I_{tot} [mA]	Σ I_{tot} [mA]
Sestava 1	3	937	2811
Sestava 2	2	776	1552
Sestava 3	1	526	526

Tab. 5 Tabulka proudových odběrů jednotlivých sestav při 24VDC

Stejnoseměrný zdroj bude také napájet dva ethernetové switche MOXA EDS208, které jsou napájeny stejnosměrným napětím 24V a dle katalogového listu každý z nich odebírá proud 140mA [16]. Celkový proudový odběr testovacího rámu ze stejnosměrného napájecího zdroje je 5,169A. Těmto podmínkám vyhovuje napájecí zdroj platformy AC800M s označením SD834 s výstupním proudem 20A [18]. Z hlediska dodávaného výkonu je tento zdroj předimenzovaný z důvodu možnosti rozšíření testovacího rámu o další komponenty.

Volba zásuvek pro připojení IED REF615

Ochranné zařízení IED je napájeno s jmenovitým provozním napětím 230V a jmenovitým proudem 1A [17] skrze přívodní kabel 3x1,5mm CYSY. Přívodní kabel je ukončen dvoukolíkovou vidlicí s ochranným vodičem evropského typu dle ČSN IEC 884-1 pro připojení do napájecí sítě. Pro napájení IED budou použity dvoupólové zásuvky s ochranným kolíkem výrobce ABB typu M1174 pro jmenovitý proud 16A a jmenovité napětí 230VAC [18]. Zásuvky jsou určeny pro montáž na DIN lištu. Celkem bude testovací rám obsahovat tyto zásuvky tři, dvě pro napájení zařízení REF615 a jednu pro volné použití.

4.3.7 Jistící přístroje, svorky, vodiče a kabely

Volba jisticích zařízení vedení a přístrojů

Hlavní přívod bude jištěn dvoupólovým miniaturním modulárním jističem výrobce ABB typu S202M se jmenovitým proudem 16A a jisticí charakteristikou typu B. Doporučená hodnota jmenovitého proudu jištění napájecího zdroje ABB SD834 je dle katalogového listu [7] 10-16A. Kontroléry a I/O karty budou jednotlivě jištěny trubičkovými pojistkami 5x20 se jmenovitou hodnotou proudu 5A a typem jisticí charakteristiky F. Trubičkové pojistky budou vloženy do pojistkových modulů s LED indikací výrobce Phoenix Contact s označením P-FU 5x20 LED 24-5 kompatibilní se svorkami stejného výrobce typu PT 2,5 TG.

Volba vodičů, kabelů a svorek

Pro hlavní napájecí přívod bude použit třížilový kabel typu CYSY 3X2,5 H05VV-F s PVC izolací. Pro rozvod napájecího napětí ze sekundární strany napájecího zdroje SD834 na svorkovnice budou použity vodiče typu H07V-K 1X4 s PVC izolací. Pro rozvod napájecího napětí pro kontroléry a I/O karty budou použity vodiče typu H05V-K 1X1,5 s PVC izolací. Pro spojení vstupů a výstupů I/O karet vyvedených na patici TU810 a kabelového adaptéru pro připojení HW simulátoru budou použity vodiče typu H05V-K 1X0,5 s PVC izolací. Pro rozvod střídavého napájecího napětí 230VAC budou použity svorky výrobce Phoenix Contact typu PT 2,5 s technologií připojení push-in a montáž na DIN lištu pro jmenovitý proud 20A [19]. Pro rozvod 24VDC napájecího napětí budou použity svorky výrobce Phoenix Contact typu PT 2,5 TG s technologií připojení push-in pro montáž na DIN lištu.

4.4 Návrh

Testovací rám pro redundantní řídicí systém ABB 800xA se z pohledu technických norem řadí do skupiny rozváděčů nízkého napětí, na které se vztahuje česká harmonizovaná norma ČSN EN 61439-1 s názvem Rozváděče nízkého napětí: Všeobecná ustanovení. Při návrhu testovacího rámu budu vycházet z doporučeného postupu návrhu dle této normy a souboru přidružených norem.

4.4.1 Identifikace zařízení a součástí

Referenční označování zařízení a součástí v technické dokumentaci je provedeno dle zásad IEC 81346-1: Průmyslové systémy, instalace a zařízení a průmyslové produkty – Zásady strukturování a referenční označování – Část 1: Základní pravidla. Písmenné značení zařízení je provedeno v souladu s technickou normou IEC 81346-2 - Část 2: Třídění předmětů a kódy tříd. Jednotlivá zařízení testovacího rámu jsou opatřena nesmazatelnými štítky pro identifikaci zařízení dle výkresové dokumentace a schématu zapojení.

4.4.2 Provozní podmínky

Testovací rám odpovídající normě ČSN 61439-1 je určen do provozu vnitřní instalace, kde teplota okolního vzduchu nepřesahuje $+40^{\circ}\text{C}$ a její průměrná hodnota nepřesahuje $+35^{\circ}\text{C}$. Dolní mez teploty okolního vzduchu je -5°C . Kompatibilita je zajištěna použitím komponent s pracovními teplotami v rozsahu požadavků normy. Dále je testovací rám určen do provozu kde relativní vlhkost vzduchu nepřesahuje 50% při maximální teplotě $+40^{\circ}\text{C}$. Rozváděč je určen do okolního prostředí definovaného stupněm znečištění 1 a maximální nadmořské výšky instalace nepřesahující 2000m.

4.4.3 Konstrukční požadavky

Konstrukční požadavky na pevnost materiálů a částí prázdného rozváděče jsou zajištěny použitím certifikovaného systému pro rozváděče Data Rack renomovaného výrobce rozváděčových skříní společností Rittal. Protože byl tento rozváděč navržen a ověřen v souladu s normou ČSN EN 62208: Prázdné skříně pro rozváděče nn – Všeobecné požadavky jsou automaticky splněny všechny náležitosti na konstrukční požadavky rozváděče navrženého dle ČSN EN 61439-1. Stupeň ochrany před dotykem živých částí, vniknutím pevných cizích těles a vody je vyjádřen dle IEC 60529: Stupně ochrany krytem IP kódem. Navržený testovací rám je rozváděč otevřené konstrukce s předpokladem použití pouze ve školících prostorách společnosti ABB, kde se nepředpokládá vysoké znečištění ani vnik vody. Otevřená konstrukce je zvolena také z důvodu lepší demonstrace použité elektroinstalace testovacího rámu. Z tohoto důvodu je testovací rám opatřen kódem IP00 a nemá žádnou ochranu proti vniknutí cizích těles a vody.

4.4.4 Vzdušné vzdálenosti a povrchové cesty

Zajištění vzdušných vzdáleností a povrchových cest je zajištěno použitím certifikovaných svorkovnic renomovaného výrobce Phoenix Contact v souladu s technickou normou IEC 60947-1: Spínací a řídicí přístroje nn. - Všeobecná ustanovení a Část 7-1: Pomocná zařízení - Svorkovnice pro měděné vodiče.

4.4.5 Ochrana před úrazem elektrickým proudem

Základní ochrana před úrazem elektrickým proudem je zajištěna základní izolací vodičů, odstranitelnou pouze zničením, použitím zařízení třídy ochrany III a dále doplňujícím opatřením. Protože testovací rám obsahuje volně přístupné svorky a není tak zajištěna ochrana před dotykem živých částí polohou ani zábranou je nutné vydat doplňující opatření. Protože bude testovací rám provozován pouze ve školící místnosti společnosti ABB v Ostravě, je doplňujícím opatřením možnost přístupu k testovacímu rámu umožněna pouze osobám poučeným a znalým dle vyhlášky č.50/1978 §4 a §5. Tímto způsobem je zajištěno doplňující opatření pro základní ochranu elektrickým proudem.

Ochrana při poruše je zajištěna automatickým odpojením od zdroje ochranným uzemněním dle IEC 60364-4-41: Elektrické instalace nízkého napětí - Ochranná opatření – Ochrana před úrazem elektrickým proudem. Uzemnění ochranných vodičů a vodičů pospojování je provedeno dle IEC 60364-5-54: Elektrické instalace nízkého napětí – Výběr a stavba elektrických zařízení – Uzemnění, ochranné vodiče a vodiče ochranného pospojování. Odpojení obvodu v místě poruchy je zajištěno jisticími prvky. Všechny neživé části testovacího rámu jsou spojeny kovovými šroubovými spoji a nebo samostatným ochranným vodičem a připojeny k ochrannému vodiči napájení.

4.4.6 Ochrana proti zkratům a přetížení

Ochrana proti zkratu a přetížení je zajištěna vhodně dimenzovanými jisticími prvky dle IEC 60364-4-43: Ochrana před nadproudy a IEC 60364-5-52 Elektrické instalace nízkého napětí – Část 5-52: Výběr a stavba elektrických zařízení – Elektrická vedení.

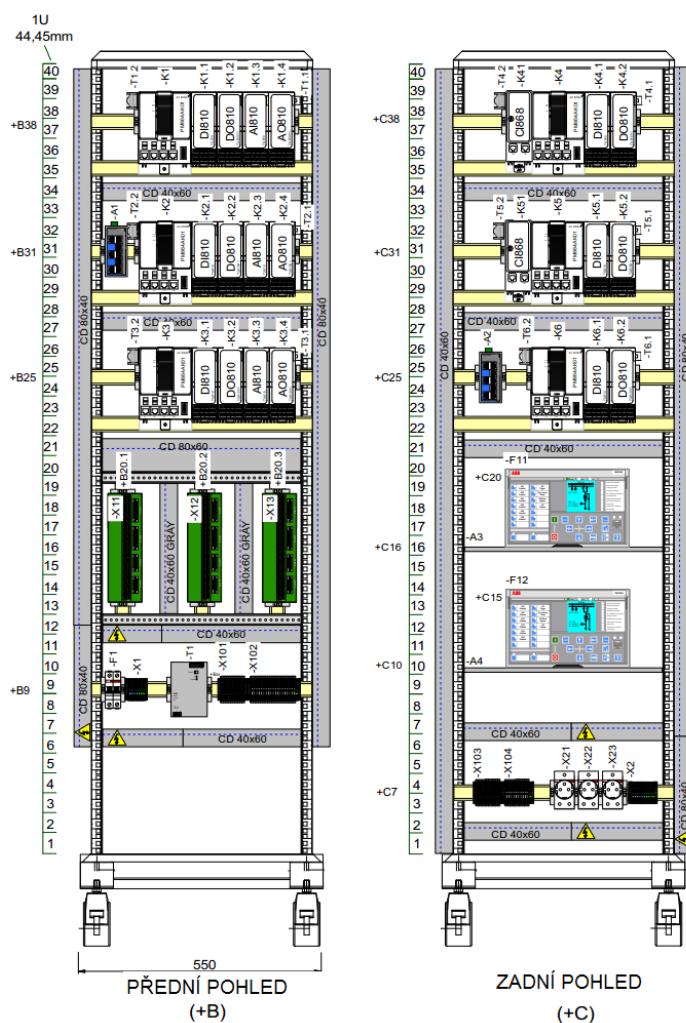
4.4.7 Barevné značení vodičů a kabelů

Barevné značení použitých vodičů a kabelů je navrženo v souladu s normou IEC60445: Základní a bezpečnostní principy pro rozhraní člověk-stroj, značení a identifikace - Značení svorek zařízení a konců určitých vybraných vodičů a dle ČSN EN 60204-1: Bezpečnost strojních zařízení – Elektrická zařízení strojů – Část1: Všeobecné požadavky.

4.4.8 Popis technického řešení

Testovací rám pro redundantní řídicí systém ABB 800xA obsahuje dvě upevňovací roviny, které jsou v technické dokumentaci v příloze A označeny písmeny B pro přední a C pro zadní upevňovací rovinu viz obrázek 17.

Přední upevňovací rovina obsahuje hlavní napájecí přívod a ten je napájen ze zásuvky kabelovým přívodem. Kabel je na levé straně přední upevňovací roviny zajištěn proti posuvu stahovacími pásky a vede skrze postranní kabelový žlab do hlavního 16A jističe F1 a svorkovnice X1. Ze svorkovnice X1 je napájena primární strana stejnosměrného zdroje T1 skrze izolované vodiče a také svorkovnice X2 umístěna na straně upevňovací roviny C. Kladný pól sekundární strany napájecího zdroje je propojen izolovaným vodičem se svorkovnicí X101 na straně B a X103 na straně C. Svorkovnice X101 dále rozvádí kladný potenciál sekundární strany zdroje T1 skrze pojistkové moduly a izolované vodiče na napájecí svorky kontrolérů K1, K2, K3 dále patice I/O karet K1.1 – K1.4, K2.1 – K2.4, K3.1 – K3.4 a ethernetový switch A1. Vodiče pro napájení kontrolérů jsou jističeny 10A pojistkami. Ostatní vodiče pro napájení I/O karet a ethernetového switchu mají velikost 5A. Kontroléry jsou



Obr. 17 Přehled rozvržení komponent testovacího rámu

připojeny do ethernetového switche UTP kabely. Svorkovnice X102 rozvádí izolovanými vodiči záporný pól sekundární strany zdroje T1 na kontroléry, I/O karty a ethernetový switch stejně jakov předchozím případě. Záporný pól zdroje T1 je připojen k ochrannému vodiči hlavního napájení a tvoří tak obvod PELV. Vstupy a výstupy I/O karet jsou vyvedeny izolovanými vodiči na patice X11, X12 a X13.

Zadní strana testovacího rámu obsahuje svorkovnici X2, která je propojená se svorkovnicí X1 ze strany B kabelem. Svorkovnice X2 napájí skrze izolované vodiče tři dvoupólové zásuvky s ochranným kolíkem pro připojení IED REF615. Strana C dále obsahuje svorkovnice X103 pro rozvod kladného potenciálu a X104 pro rozvod záporného potenciálu na kontroléry K4 až K6 a jejich I/O karty spolu s ethernetovým switchem A2. Jištění vodičů je provedeno stejným způsobem jako pro stranu B. IED jsou s kontroléry spojeny ethernetovým switchem UTP kabely.

Všechny vodiče i kabely jsou uspořádány v kabelových žlabech. Stejnoseměrné a střídavé obvody jsou odděleny přepážkami a místa se střídavým napětím označeny nálepkou se žlutým trojúhelníkem. Komponenty jsou na testovacím rámu upevněny na DIN lištách. Všechny vodivé části jsou spojeny s ochranným vodičem skrze šroubové spoje s vějířovými podložkami a nebo připojenými ochrannými vodiči. Rozmístění komponent na testovacím rámu je patrné z obrázku 17. V současném stavu testovací rám neobsahuje kontroléry K4 až K6, ale pouze vyvedené vodiče pro jejich napájení na svorky pro možnost budoucí instalace po objednání těchto komponent. Dále testovací rám v době odevzdání diplomové práce neobsahuje držáky pro IED, které nejsou vyrobeny. Celkový stav realizace testovacího rámu je uveden na fotografiích v příloze B.

4.4.9 Technická dokumentace

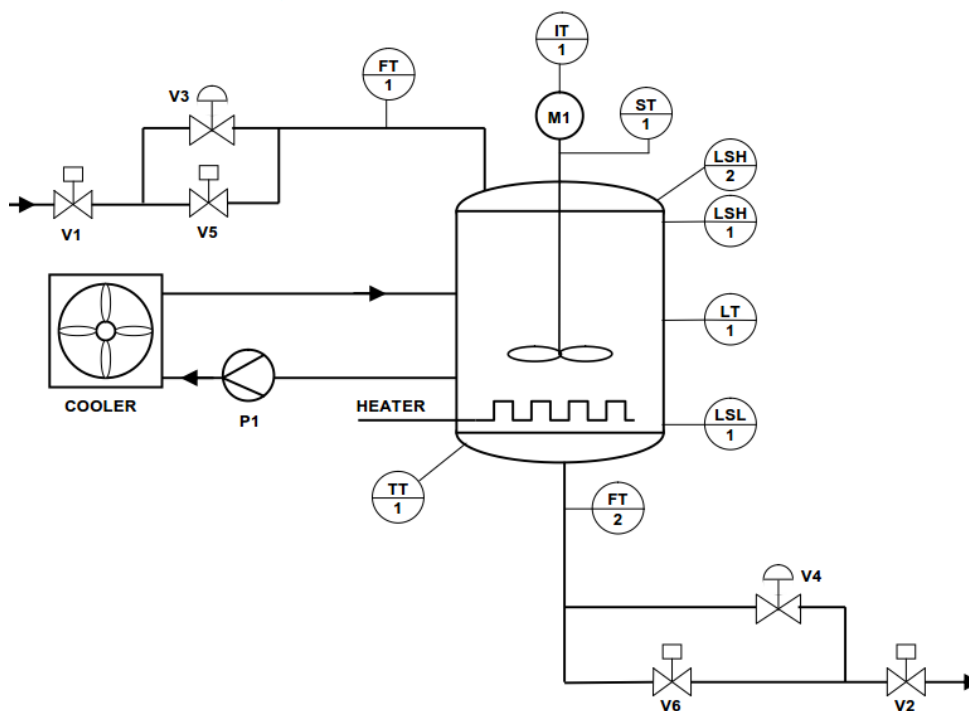
Technická dokumentace je vytvořena v projekčním databázovém software E3.Cable společnosti Zuken. Pro identifikaci testovacího rámu spolu s technickou dokumentací je použito identifikační číslo 190320166K. To je umístěno na nesmazatelném štítku na testovacím rámu i na titulní straně technické dokumentace. Technická dokumentace obsahuje seznam komponent, seznam kabelů, seznam zapojení vodičů, výkres s rozmístěním komponent testovacího rámu a obvodové zapojení jednotlivých komponent. Tato dokumentace je součástí přílohy A.

5 Vybraná demonstrační úloha řízení technologického procesu

Po sestavení testovacího rámu dle vyspecifikovaných komponent a navržené technické dokumentace je poslední částí této diplomové práce ověřit funkčnost vyrobeného testovacího rámu na demonstrační úloze řízení vybraného technologického procesu. Protože je testovací rám navržen pro školení práce se systémem ABB 800xA na HW simulátoru technologického procesu OSLO, bude demonstrační úloha řízení zpracována pro tento simulátor. Vytvořením a odzkoušením řídicí úlohy s HW simulátorem OSLO bude ověřena funkčnost a správnost návrhu testovacího rámu.

5.1 Přístrojové vybavení HW simulátoru OSLO

Pro vytvoření řídicí aplikace technologického procesu se používá přehledové schéma s názvem P&ID (Pipe and instrumentation diagram) v překladu přehledové schéma potrubí a instrumentace. Instrumentací se rozumí vybavení jako ventily, čidla, motory a podobně. Z tohoto schématu se následně vybírají potřebné knihovny a vytváří struktura řídicího programu dle požadované funkcionality. Obrázek 18 představuje P&ID HW simulátoru OSLO.



Obr. 18 P&ID schéma HW simulátoru OSLO [15]

HW simulátor OSLO obsahuje dvupolohové ventily V1, V2, V5, V6. Každý ventil obsahuje dva spínače koncové polohy pro signalizaci stavu otevřeno/zavřeno. Ventily V3 a V4 jsou regulovatelné v rozsahu 0-100%. Celkový průtok napouštěcími ventily nádrže je snímán průtokoměrem FT1. Při vypouštění nádrže je celkový průtok snímán průtokoměrem FT2. Dále simulátor obsahuje snímače pro

detekci stavu hladiny v nádrži pro minimální, maximální, nadlimitní stav LSL1 1,5%, LSH1 100%, LSH2 102%. Aktuální stav hladiny nádrže je indikován snímačem hladiny LT1. Teplota obsahu nádrže je detekována teplotním senzorem TT1. Pro zahřátí připravované směsi obsahuje nádrž topnou spirálu. Topná spirála obsahuje dva signály jeden pro zapnutí/vypnutí a druhý pro indikaci stavu zapnuto/vypnuto. Pro ochlazování zahřáté směsi obsahuje HW simulátor chladič s pumpou P1. Sestava chladiče a pumpy obsahuje také dva signály pro zapnutí/vypnutí a indikaci stavu zapnuto/vypnuto. Michání obsahu nádrže je zajištěno mixérem M1. Ovládání mixéru se provádí skrze signál pro zapnutí/vypnutí napájení. Detekce stavu zapnuto/vypnuto se provádí zpětnovazebním signálem. Dále ovládání mixéru umožňuje nastavení rychlosti motoru v rozsahu 0-100%. Proud odebíraný pohonem mixéru je indikován snímačem IT1. Panel HW simulátoru obsahuje osm libovolně programovatelných LED diod a jednu sirénu pro indikaci hazardního stavu. Popis významu jednotlivých signálů HW simulátoru OSLO je popsán v manuálu [15]. Popis napojení použitých signálů HW simulátoru na I/O karty, kanály testovacího rámu a nastavení jejich rozsahů je uvedeno v příloze C.

5.2 Zadání demonstrační úlohy řízení technologického procesu

HW simulátor OSLO představující nádrž pro míchání a zahřívání napuštěné směsi bude řízen řídicím systémem ABB800xA. Navržená aplikace bude ovladatelná skrze operátorský displej ve dvou režimech. Operátorský displej bude zobrazovat všechny prvky řízené technologie a také zobrazovat aktuální hladinu a teplotu v nádrži. Dále bude operátorský displej zobrazovat stav technologie při spuštěné sekvenci. V manuálním režimu bude řízení stavu zařízení HW simulátoru provedeno skrze řídicí okna (faceplates) jednotlivých zařízení. Druhým způsobem řízení HW simulátoru bude automatická sekvence ovládaná skrze operátorský displej tlačítkem Start a Reset. V prvním kroku automatického režimu dojde k napuštění nádrže směsí do maximální hladiny. Druhým krokem bude zahřátí napuštěné směsi na teplotu 80°C při současném míchání obsahu nádrže. Po dosažení požadované teploty směsi v nádrži bude tato teplota udržována automatickým řízením On/Off topné spirály a chladiče po dobu tří minut, což je doba potřebná pro uskutečnění chemické reakce vyráběné směsi. Míchání obsahu nádrže bude probíhat do okamžiku, kdy hladina směsi v nádrži dosáhne minimální úrovně. Po uplynutí doby tří minut bude směs ochlazena na teplotu 30°C. Po ochlazení na definovanou teplotu dojde k úplnému vypuštění obsahu nádrže. Automatická sekvence bude po prvním spuštění probíhat stále dokola do doby deaktivace tlačítkem Start na operátorském displeji.

Vytvořená aplikace bude dále obsahovat blokové podmínky (interlocks) platné pro manuální i automatický režim. V první blokové podmínce musí být zajištěno blokování současného napouštění a vypouštění nádrže. Dalšími blokovacími podmínkami bude zajištěna nemožnost zapnutí topné spirály, chladiče a mixéru při minimální hladině směsi v nádrži.

Dalším požadavkem na demonstrační úlohu je vytvoření alarmů pro indikaci nebezpečných stavů ovládaného zařízení a limitů pro odstavení zařízení při nežádoucím stavu řízené výrobní technologie. Prvním limitem je požadavek na vypnutí topné spirály při dosažení teploty v nádrži 130°C. Druhým limitem je požadavek na uzavření přívodních ventilů nádrže při dosažení nadlimitní hladiny nádrže. Třetím požadavkem je indikace narůstající nebezpečné teploty rozsvícením LED diod 1-8 na

HW simulátoru. LED diody se budou rozsvěcovat postupně od LED1 po LED8 při teplotách směsi v nádrži od 95°C pro LED1 až po 130°C pro LED8 vždy po 5°C. Poslední podmínkou je zapnutí sirény HW simulátoru při detekci nadlimitní hladiny nádrže do doby pominutí tohoto stavu.

5.3 Vypracování demonstrační úlohy řízení technologického procesu

Pro vypracování demonstrační úlohy řízení technologického procesu v podobě HW simulátoru OSLO byla použita virtualizovaná verze systému ABB 800xA verze 5.1 FP4 instalovaná na operačním systému Windows Server 2008.

5.3.1 Založení projektu a jeho základní systémové nastavení

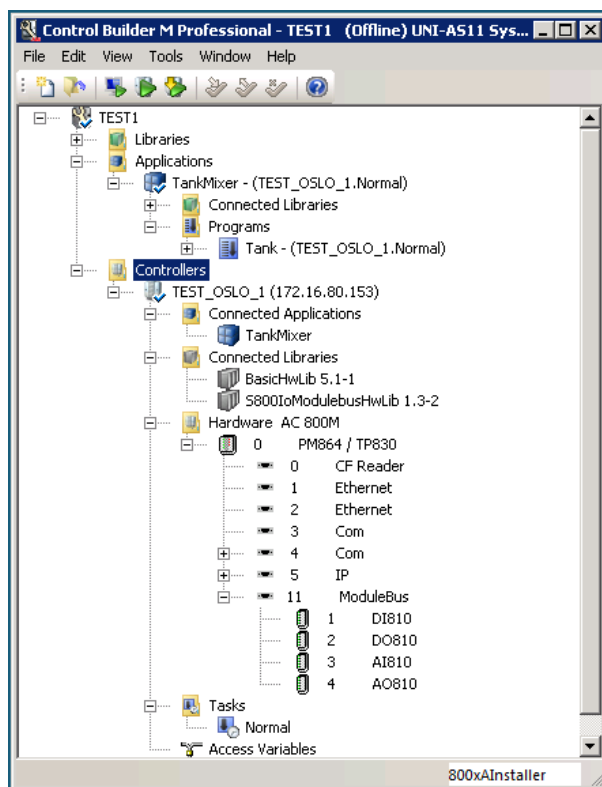
V prvním kroku byl založen projekt s názvem Test1 pro kontrolér řady AC800M v prostředí Engineering Workplace v záložce Control Structure v již nadefinované Control Network. Takto založený projekt jsem po té otevřel v programovacím prostředí CBM. Následující konfigurace se týká programovacího prostředí CBM. Dalším krokem bylo připojení používaných knihoven d233/o vytvářeného projektu ve složce Libraries. Při založení projektu pro kontroléry AC800M se do projektu část knihoven přidá automaticky a část je nutné přidat manuálně. Manuálně přidanými knihovnami jsou ProcessObjExtLib a Sxx_ProjectLib. Pokud knihovny obsahují návaznost na další knihovny, které jsou v nich použity, jsou tyto připojeny do složky Libraries automaticky. V dalším kroku jsem zvolil název aplikace ve složce Applications na TankMixer a připojil do aplikace ve složce Connected Libraries stejné knihovny jako v předchozím kroku do projektu. Ve složce Applications jsem také vytvořil složku Programs a v ní program s názvem Tank. Do tohoto programu budu později vytvářet řídicí algoritmus. V dalším kroku jsem nastavil jméno kontroléru ve složce Controllers na TEST_OSLO1 a nastavil jeho položku System Identity na IP adresu kontroléru do kterého se bude aplikace nahrávat. V tomto případě na hodnotu 172.16.80.151. IP adresy kontrolérů s maskami sítě instalovaných na testovacím rámu uvádí tabulka 6.

Název	Označení	IP adresa	Maska sítě
Kontrolér 1	-K1	172.16.80.151	255.255.252.0
Kontrolér 2	-K2	172.16.80.152	255.255.252.0
Kontrolér 3	-K3	172.16.80.153	255.255.252.0

Tab. 6 Přiřazené síťové adresy pro připojení do CN 800xA

Po nastavení IP adresy kontroléru jsem připojil ke kontroléru s názvem TEST_OSLO1 vytvořenou aplikaci s názvem TankMixer do složky Connected Applications. Po přiřazení aplikace kontroléru, který ji má vykonávat jsem připojil HW knihovnu s názvem S800IOModulebusHWLib do složky Connected Libraries kontroléru. Tato knihovna představuje ovladače pro připojený HW řady

S800 I/O. V následujícím kroku jsem nastavil IP adresu kontroléru také na ethernetový port CN1 ve složce Hardware AC 800M v položce Ethernet 1. Tato IP adresa je totožná jako při nastavování parametru System Identity. Další HW konfiguraci vytvořeného projektu je přiřazení použitých karet sestavy do projektu. Přidané I/O karty se nacházejí v základním segmentu připojeny na elektrickém Modulebusu. V posledním kroku základního nastavení jsem připojil k vytvořené aplikaci TankMixer task prioritu Normal, která určuje jak často se bude vytvořený kód vykonávat. Nastavení CBM pro vytvářenou demonstrační řídicí úlohu zobrazuje obrázek 19.



Obr. 19 Konfigurace CBM pro demonstrační úlohu řízení

5.3.2 Tvorba řídicí aplikace v prostředí Control Builder M

Deklarace globálních proměnných

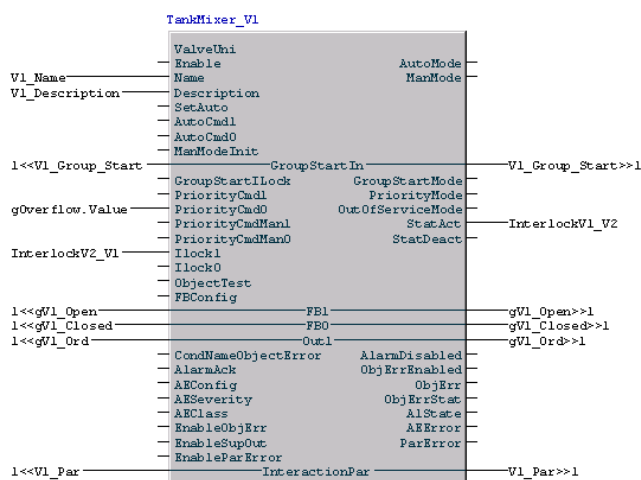
Při tvorbě řídicí aplikace pro HW simulátor OSLO jsem nejprve nadefinoval globální proměnné v aplikaci TankMixer. Globální proměnné jsou proměnné viditelné v rámci aplikace a převážně jsou použity pro napojení signálů z I/O karet. Definici globálních proměnných jsem provedl v editoru aplikace. Proměnné připojené na digitální vstupy a výstupy I/O karet jsou datového typu BoolIO, analogové pak RealIO. Napojení proměnných na kanály I/O karet je uvedeno v příloze C. Po zadefinování globálních proměnných jsem tyto proměnné připojil na jednotlivé odpovídající kanály I/O karet. Připojení těchto proměnných se provádí v editoru karet v položce Modulebus viditelné na obrázku

19 a záložce editoru s názvem Connections. Po té jsem pro jednotlivé karty nastavil rozsah v záložce editoru s názvem Settings. Globální proměnné se pro přehlednost označují počátečním písmenem g.

Vytvoření bloků kódu programu

Řídící algoritmus demonstrační úlohy je rozdělen do několika bloků kódu vždy dle výsledné funkcionality. Výsledný program je kombinací šesti bloků kódu psaných ve třech programovacích jazycích systému ABB 800xA.

Prvním blokem kódu programu Tank je blok s názvem Inlet_Valves. Pro napouštění nádrže využívá řídicí software ventily V1 a V5. Ty jsou reprezentovány v tomto bloku dvěma instancemi funkčního bloku ValveUni z knihovny ProcessObjExtLib. Funkční blok ValveUni reprezentuje svým chováním skrze vstupní, výstupní parametry a vnitřní definovanou funkcionality dvoupolohový ventil a umožňuje jeho řízení. Funkční blok komunikuje se systémem prostřednictvím parametrů na něž jsou připojeny proměnné deklarované v programu. Část parametrů funkčního bloku vyžaduje připojení proměnných pro základní funkcionality. Obrázek 20 ukazuje deklarované proměnné připojené na parametry funkčního bloku. Proměnné V1_Name a V1_Description poskytují název a popis funkčního bloku, který se zobrazuje ve faceplate na operátorském displeji. Proměnná s názvem V1_Group_Start slouží ke skupinovému zapnutí ventilů a je povinně připojitelným parametrem, který v tomto programu nevyužívám. Zajištění požadavku na zablokování přívodních ventilů je zajištěno přivedením signálu čidla LGH2 skrze proměnnou g.Overflow na parametr PriorityCmd0. Zablokování přívodních ventilů je zajištěno skrze parametr StatAct funkčního bloku V2 přivedeného na parametr funkčních bloků ventilů V1 a V5 s názvem Ilock1. Pro ovládání ventilů na HW simulátoru OSLO využívá funkční blok UniValve globálních proměnných gV1_Open a gV1_Closed jako zpětnovazební signál pro zjištění polohy ventilu a proměnnou gV1_Ord pro řízení otevření/zavření ventilu. Jako poslední připojenou proměnnou je V1_Par připojenou k parametru InteractionPar. Tato proměnná v sobě integruje několik proměnných umožňujících ovládání automatického a manuálního módu řízení ventilu. Instance funkčního bloku ventilu V5 je zapojená totožně jako V1 s tím rozdílem, že jeho proměnné v názvu obsahují V5 namísto V1.



Obr. 20 Instance funkčního bloku s připojenými proměnnými

Druhým blokem kódu v programu Tank je blok s názvem Outlet_Valves. Ten obsahuje dvě instance funkčního bloku UniValve pro ovládání vypouštěcích ventilů nádrže HW simulátoru OSLO. Napojení parametrů na proměnné je provedeno stejným způsobem jako v bloku kódu pro přívodní ventily s tím rozdílem, že funkční bloky ventilů V2 a V6 nemají připojen parametr PriorityCmd0 na proměnnou g.Overflow a jejich blokace dle zadání je zajištěna připojením jejich parametru Ilock1 na parametr StatAct funkčního bloku ventilu V1. Tím je zajištěna blokace současného otevření přívodních a vývodních ventilů.

Třetím blokem kódu je blok Agitator, který obsahuje instanci funkčního bloku Agitator z vlastní vytvořené knihovny Sxx_ProjectLib pro ovládání mixéru HW simulátoru a instanci funkčního bloku T_On z knihovny BasicLib pro nastavení doby zahřívání směsi simulátoru v automatickém režimu. Proměnné M1_Name a M1_Description jsou připojeny k parametrům pro pojmenování a popsání funkčního bloku v na operátorském displeji stejně jako u funkčního bloku UniValve. Proměnná gMixerSignals je připojena na parametr funkčního bloku IOSignals a skládá se ze čtyřech globálních proměnných připojených na signály I/O karet pro zapnutí napájení mixéru, nastavení rychlosti otáčení mixéru, zpětnovazební signál pro indikaci přivedeného napájení mixéru a signál pro zobrazení proudu odebíraného pohonem mixéru. Dále jsou na parametry funkčního bloku mixéru připojeny proměnné pro přepnutí do automatického režimu ovládání gM1_SetAuto, proměnná gM1_Start pro zapnutí mixéru v automatickém režimu řízení a proměnná gM1_Setpoint pro nastavení rychlosti otáčení mixéru v automatickém režimu řízení. Funkční blok T_On je použit jako časový spínač se zpožděným rozběhem. Proměnná s názvem StartTon je připojena k parametru In a zajišťuje vybavovací signál pro spuštění odpočítávání zpožděného rozběhu. Proměnná Reaction_Time je připojena na parametr PT a její hodnota udává velikost časového zpoždění pro funkční blok T_On. Proměnná OutputTon je připojena ke zpožděnému výstupu Q. Proměnná Elapsed_Time připojená k parametru ET uchovává aktuální čas uplynulý od aktivace funkčního bloku T_On.

Čtvrtým blokem kódu programu Tank je blok s názvem Heater_Cooler. Obsahuje instanci funkčního bloku Heater a Cooler z knihovny Sxx_ProjectLib pro ovládání topné spirály a chladiče HW simulátoru. K instanci funkčního bloku heater jsou opět připojeny proměnné pro nastavení jména a popisu funkčního bloku H1_Name, H1_Description na parametry Name a Description. Další připojenou proměnnou je gHeater_On na parametr HeaterON, což je zpětnovazební signál indikující stav topné spirály zapnuto/vypnuto. Dále proměnné gH1_SetAuto a gH1_Autostart na parametry AutomodeH a AutostartH sloužící pro automatický režim ovládání topné spirály použitých pro sekvenci. Proměnná Temp_High připojená na parametr TempHigh slouží pro zablokování zapnutí topné spirály při překročení teploty 130°C zapsané do této proměnné. Proměnná gLevel_Min.value indikující minimální hladinu v nádrži připojená na parametr MinLevel slouží pro zablokování zapnutí topné spirály při minimální hladině. Proměnná gHeater_Ord připojená na parametr HeaterORD slouží pro zapínání/vypínání topné spirály. Funkční blok pro ovládání chladiče je téměř totožný jako funkční blok heater s jediným rozdílem, a to že neobsahuje parametr TempHigh pro blokování zapnutí při dosažení nastavené teploty. K funkčnímu bloku Cooler jsou připojeny proměnné stejného typu jako pro Heater, které se liší pouze svým názvem a napojením na signály I/O karet. Blokování zapnutí chladiče při minimální hladině v nádrži je zajištěno stejným způsobem jako u funkčního bloku Heater.

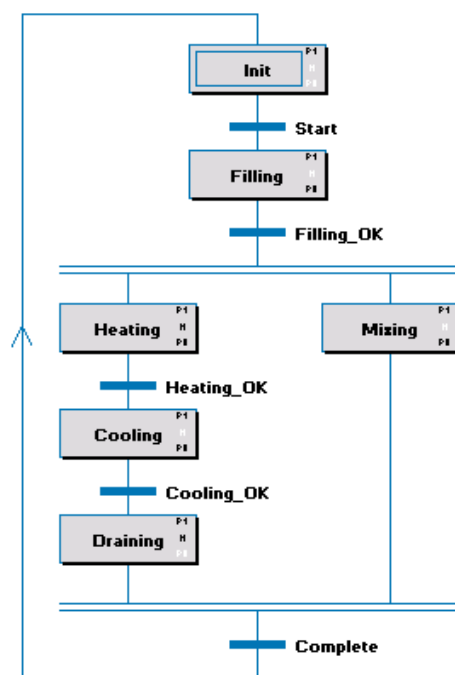
Pátý blok programu s názvem Temp_Control zajišťuje automatické ovládání teploty obsahu nádrže při automatickém řízení. Dále vybavení zablokování zapnutí topné spirály při teplotě v nádrži

vyšší než 130°C, rozsvícení LED diod na HW simulátoru OSLO při narůstající nebezpečné teplotě od 95 do 130°C, zapnutí sirény při dosažení nadlimitní hladiny v nádrži a také blokování zapnutí mixéru, chladiče a topné spirály při minimální úrovni hladiny v nádrži. Tento programový blok je vytvořen v programovacím jazyce Strukturovaný Text vytvořením podmínek if else v návaznosti na vytvořené proměnné a parametry použitých funkčních bloků v programu Tank. Automatické ovládání teploty se aktivuje tehdy pokud má proměnná Start_Tempcontrol zapsanou log. hodnotu true. Smyčka dále obsahuje příkazy pro výpočet teploty pro zapnutí tepelné spirály při poklesu teploty pod vypočtenou mez do proměnné HeatingSetpoint a výpočet teploty pro zapnutí chladiče při dosažení nastavené teploty do proměnné CoolingSetpoint. Tyto teploty se vypočítávají z nastavené teploty do proměnné SP_Temp, která je v automatické sekvenci pro ohřívání nastavena na 80°C a pro chlazení na hodnotu 30°C. K této proměnné se pro výpočet hodnoty proměnné CoolingSetpoint přičítá proměnná TempDeadband a pro výpočet hodnoty v HeatingSetpoint se TempDeadBand odečítá. Hodnota nastavená v proměnné TempDeadband je 3°C. Nastavená teplota obsahu nádrže simulátoru je tedy regulována v rozmezí 77 – 83°C střídavým zapínáním topné spirály a chladiče. Dále obsahuje hlavní smyčka if-else podsmyčku pro zapnutí topné spirály zapsáním log. hodnoty true do proměnné gH1_Autostart při splnění podmínky, kdy je teplota v nádrži zapisovaná do proměnné gTemp.Value vyšší než vypočtená hodnota v proměnné HeatingSetpoint. Stejná podmínka je vytvořena pro řízení automatického zapínání chladiče. Podmínka pro zablokování zapnutí je splněna smyčkou if else ve které je podmínkou pro její vykonání je teplota nádrže indikovaná proměnnou gTemp.Value vyšší než hodnota 130. Při splnění této podmínky je zapsána do proměnné Temp_High log. hodnota true. Na tuto proměnnou je napojený parametr TepHigh funkčního bloku Heater aktivující zablokování zapnutí v manuálním režimu ovládání, a také zapsání log. hodnoty false do proměnné gH1_Autostart pro zablokování spuštění topné spirály při automatickém režimu. Rozsvěcování LED diod HW simulátoru OSLO při nebezpečné teplotě v nádrži je zajištěno osmi podmínkami if else, kdy se porovnává aktuální teplota nádrže zapsaná do proměnné gTemp.Value s nastavenou hodnotou dle zadání v rozmezí 95 až 130°C vždy po 5°C. Při splnění některé z těchto podmínek je do proměnné ovládající sepnutí výstupu I/O karty přiřazené jednotlivým LED zapsána log. hodnota true a v opačném případě log. hodnota false. Splnění požadavku na zapnutí sirény je provedeno také podmínkou if else, kdy je splněním podmínky log. hodnota v proměnné g.Overflow.Value napojené na signál čidla nadlimitní hladiny HW simulátoru true. Při splnění této podmínky se vykoná příkaz pro zapsání hodnoty 50 do proměnné gBuzzer.Value napojené na analogový signál pro ovládání sirény. Posledním kusem kódu v tomto bloku programu Tank je podmínka pro zablokování zapnutí mixéru, topné spirály a chladiče v automatickém režimu řízení. Ta se vykoná pokud je log. hodnota uložená v proměnné gLevel_Min.Value true. Příkazy v této smyčce jsou nastavení proměnných gH1_Autostart, gM1_start a gC1_Autostart na log. hodnotu false. Tato smyčka je zobrazena na obrázku 21.

```
(*Heater, Cooler, Mixer Min Level Interlock*)
if gLevel_Min.Value then
    gH1_AutoStart := false;
    gC1_AutoStart := false;
    gM1_Start := false;
end_if;
```

Obr. 21 Kód vytvořený v CBM v jazyce Structured Text

Posledním blokem kódu programu Tank aplikace TankMixer je programový blok s názvem Batch_Control naprogramovaný v jazyce Sequential Function Chart, což je speciální programovací jazyk programovacího prostředí CBM systému ABB 800xA vytvořený pro programování sekvencí. Sequential Function Chart se skládá z tzv. kroků (steps) a podmínek (transitions). Krok se dělí na tři části a to P1, N a P0 přičemž nemusí být všechny části využity. Část P1 se vykoná pouze jednou a to při vstupu do kroku, Část N se vykonává do doby splnění podmínky. Část P0 se vykonává taktéž v kroku pouze jednou a to při splnění podmínky pro opuštění kroku. Splnění podmínky znamená, že výraz zapsaný v podmínce nabude hodnoty true. Vytvořená sekvence pro automatické řízení HW simulátoru OSLO je zobrazena na obrázku 22.



Obr. 22 Vytvořená Sekvence pro řízení HW simulátoru OSLO

V Prvním kroku s názvem Init je vytvořena inicializace proměnných pro výchozí nastavení při sekvenčním automatickém řízení. Toto nastavení je provedeno v části kroku Init P1. V části P1 jsem zapsal do pomocných proměnných SP_Heating hodnotu 80 pro ohřívání a do proměnné SP_Cooling 30 pro chlazení. Dále zapsal log. hodnotu false do proměnné Start_Tempcontrol, která zajišťuje automatické ovládání teploty simulátoru. Dále jsem nastavil log. hodnotu false do proměnných pro nastavení automatického režimu a startu funkčních bloků mixéru, topné spirály a chladiče. Proměnné používající se pro toto ovládání jsem popsal již výše. Při inicializaci je nutné zapsat log. hodnotu false do proměnných připojených k parametrům funkčních bloků ventilů s názvem SetAuto. Posledním nastavením v části P1 je zapsání log. hodnoty false do proměnných funkčního bloku T_On StartTon a OutputTon. Krok Init se vykoná při nahrání aplikace do kontroléru, při doběhnutí a nebo při resetu sekvence. V tomto kroku sekvence setrvává do doby splnění podmínky nastavené v podmínce Start a to zapsáním log. hodnoty true do proměnné pro spuštění sekvence s názvem Start_Batch při hladině v nádrži menší než 5%.

Druhým krokem sekvence aplikace TankMixer je krok s názvem Filling. Ten nastavuje v části P1 proměnné připojené na parametry s názvem Set.Auto všech funkčních bloků ventilů V1, V2, V5 a V6 na log. hodnotu true pro nastavení automatického režimu ovládání. Dalším krokem je nastavení vypouštěcích ventilů V2 a V6 do stavu zavřeno skrze zapsání log. hodnot do jejich proměnných připojených na parametry AutoCmd1 a AutoCmd0. Dále jsem v této části nastavil otevření napouštěcích ventilů V1 a V5 skrze proměnné připojené na parametry jejich funkčních bloků AutoCmd1 a AutoCmd0 zapsáním log. hodnoty false do proměnné pro AutoCmd1 a log. hodnoty true do AutoCmd0. Dalším nastavením je přepnutí mixéru, topné spirály a chladiče do režimu auto zapsáním log. hodnoty true do proměnných připojených k parametru SetAuto příslušných funkčních bloků. Napouštění nádrže se provádí do doby splnění podmínky kdy je hodnota proměnné indikující stav hladiny v nádrži větší nebo rovna 98% a nebo dosažením maximální hladiny nádrže což indikuje proměnná gLevel_Max.Value. Při splnění této podmínky dojde k vykonání příkazů pro zavření napouštěcích ventilů V1 a V5 nastavením příslušných proměnných připojených k parametrům funkčních bloků na log. hodnoty true a false.

V této části se sekvence rozděluje na dva paralelní kroky. Krok Heating, zajišťuje automatické ohřátí obsahu nádrže na definovanou teplotu po dobu 3 minut a krok Mixing zajišťující současné míchání obsahu nádrže do doby jejího vypuštění. V části P1 kroku Heating dochází k nastavení teploty pro automatické řízení teploty nádrže zapsáním obsahu proměnné SP_Heating do proměnné SP_Temp a spuštění automatického ovládání teploty zapsáním log. hodnoty true do proměnné Start_Tempcontrol. Po dosažení definované teploty obsahu nádrže dojde k spuštění odpočítávání tří minut při současném udržování obsahu nádrže na požadované teplotě. To je zajištěno podmínkou v části N kroku Heating při které se porovnává hodnota proměnné gTemp.Value s hodnotou proměnné SP_Temp. Pokud je podmínka dosažení požadované teploty splněna dojde k spuštění odpočítávání času tří minut nastavením proměnné StartTon připojené k funkčnímu bloku T_On na log. hodnotu true. Podmínkou pro opuštění tohoto kroku je detekce log. hodnoty true v proměnné OutputTon, což je proměnná na výstupu funkčního bloku T_On. Ta se nastaví na tuto hodnotu po uplynutí doby 3 minut od doby aktivace funkčního bloku. Krok Mixing nastavuje v části P1 přechod do automatického režimu, nastavení rychlosti otáčení mixéru a jeho spuštění zápisem log hodnoty true do proměnných gM1_SetAuto, gM1_Start a zápisem hodnoty 50 do proměnné gM1_Setpoint. Míchání obsahu nádrže se ukončí splněním poslední podmínky celé sekvence kdy je indikována minimální hladina v nádrži log. hodnotou true v globální proměnné gMinLevel a řídicí systém dostane informaci o zavření vypouštěcího ventilu V2 skrze zpětnovazební signály. Při splnění těchto podmínek dojde k zastavení mixéru vykonáním příkazu kroku Mixing části P0 kdy dojde k zapsání log. hodnoty false do proměnné gM1_Start a hodnoty 0 do proměnné gM1.Setpoint.

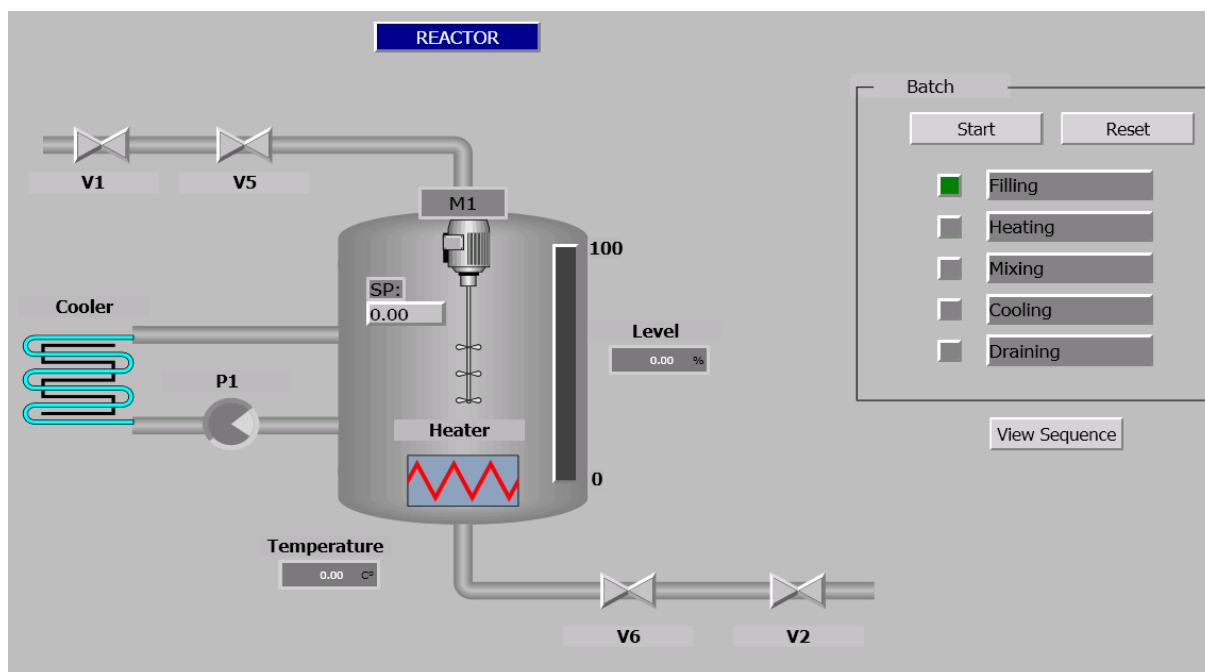
V dalším kroku s názvem Cooling dochází při současném míchání obsahu nádrže k změně hodnoty teploty pro automatické ovládání teploty. To se provede zapsáním obsahu proměnné SP_Cooling do proměnné SP_Temp. Důsledkem toho je ochlazování obsahu nádrže chladičem do doby, kdy teplota obsahu směsi v nádrži bude rovna nebo menší než hodnota v proměnné SP_Cooling což je podmínka pro opuštění tohoto kroku. Při splnění podmínky dojde k vykonání příkazu pro deaktivaci automatického řízení teploty zapsáním log. hodnoty false do proměnné Start_Tempcontrol. Tento příkaz je umístěn v části P0 kroku Cooling.

Posledním krokem sekvence je krok s názvem Draining a obstarává vypuštění obsahu nádrže po jejím schlazení kdy v části P1 tohoto kroku dojde k otevření vypouštěcích ventilů V2 a V6 zápisem log. hodnoty true do proměnných připojených k parametrům AutoCmd1. Sekvence je ukončena

splněním podmínek popisovaných v předchozím odstavci. Při jejím splnění jsou vykonány příkazy definované v části P0 kroku Cooling. Část P0 obsahuje příkazy pro uzavření vypouštěcích ventilů zapsáním log. hodnoty true do proměnných připojených k parametrům AutoCmd0 funkčních bloků V2 a V6. Vytvořený program je součástí přílohy D.

5.3.3 Tvorba HMI pro řízení HW simulátoru OSLO

Pro ovládání HW simulátoru skrze řídicí systém ABB 800xA jsem vytvořil operátorský displej v prostředí graphic builder. Operátorský displej jsem umístil do funkční struktury s názvem Sxx_Plant v objektu Sxx_Reactor v prostředí Engineering Workplace. Operátorský displej obsahuje základní grafiku zachycující potrubí a nádrž pro lepší představu o řízené technologii. Jednotlivé použité funkční bloky ventilů, mixéru, topné spirály a chladiče obsahují aspekty ve formě grafických elementů a řídicích oken (faceplates). Operátorský displej obsahuje tyto grafické elementy, skrze které kliknutím myši otevírají řídicí okna pro manuální řízení HW simulátoru OSLO. Aktuální stav hladiny v nádrži je napojen na indikátor umístěný na grafice nádrže a je také indikován v poli s názvem Level. Teplota v nádrži je indikována v poli s názvem Temperature. Indikátor a pole jsou napojeny na stejné proměnné, které používá aplikace vytvořená v CBM. Spuštění naprogramované sekvence se provádí stisknutím tlačítka Start v rámečku s názvem Batch. To provede zápis log. hodnoty true do proměnné Start_Batch a dojde ke spuštění automatického řízení HW simulátoru. Aktuální prováděná část sekvence se zobrazuje buď přímo na operátorském displeji ve formě čtverců s popisem a nebo zobrazením sekvence kliknutím na tlačítko View Sequence. Po aktivaci sekvence tlačítkem Start se bude celá sekvence vykonávat do té doby dokud nedojde k opětovnému kliknutí na tlačítko Start, které zapíše log. hodnotu false do proměnné Start_Batch. Reset sekvence se provádí tlačítkem Reset.



Obr. 23 Operátorský displej Sxx_ProcessDisplay

Závěr

V této diplomové práci jsem se zabýval vytvořením testovacího rámu pro redundantní řídicí systém společnosti ABB s označením 800xA.

V první části návrhu bylo třeba vyspecifikovat požadavky na testovací rám, v závislosti na budoucím využití testovacího rámu pro školicí účely. Při stanovování požadavků jsem vycházel z aktuální potřeby školicího střediska společnosti ABB. Ve druhém kroku návrhu testovacího rámu bylo třeba vyspecifikovat a navrhnout podobu testovacího rámu včetně jeho obvodového zapojení. Při specifikaci použitých komponent testovacího rámu jsem si rozšířil vědomosti o možnostech zapojení a HW vybavení platformou AC800M, S800 I/O a možnostech řešení průmyslových elektroinstalací výrobců působících na trhu. Při návrhu jsem postupoval dle požadavků platných elektrotechnických norem především ČSN EN 61439-1 stanovující požadavky na rozváděče nízkého napětí, kam spadá sestavovaný testovací rám. Pro stavbu testovacího rámu bylo dále třeba vytvořit projektovou dokumentaci. Projektovou dokumentaci jsem vytvořil v databázovém projekčním programu E3.Cable, ve kterém probíhá projekce části projektů zpracovávaných ve společnosti ABB a se kterým mám zkušenosti. Další fází bylo objednání všech vyspecifikovaných komponent a sestavení, zapojení testovacího rámu dle vytvořené projektové dokumentace. Po sestavení testovacího rámu jsem provedl ověření správnosti zapojení proměřením zapojení.

Testovací rám jsem převážně sestavoval pro připojení HW simulátoru technologického procesu OSLO na kterém bude probíhat školení. Dále jsem se zabýval vytvořením demonstrační úlohy řízení technologického procesu. Při návrhu řídicího programu jsem měl možnost získat cenné zkušenosti z pohledu reálného využití systému 800xA, se kterými jsem se doposud nesetkal. Navrženým programem byla ověřena správná funkčnost navrženého testovacího rámu. Testovací rám v současném stavu neobsahuje kontroléry K4 až K6 a komunikační karty CI868. Testovací rám zatím také neobsahuje držáky pro REF615 a samotné zařízení REF615. Tyto zařízení se teprve budou objednávat a po jejich obdržení dojde k instalaci na testovací rám.

Přínosem této diplomové práce je rozšíření školicího HW vybavení školicího střediska ABB v Ostravě a s tím spojenou kvalitnější výukou zaměstnanců pro práci s redundantním řídicím systémem ABB 800xA. Dalším vývojem testovacího rámu bude jeho použití pro školicí účely a možné ověřování návrhu testovacího rámu, které jsem neprováděl. V návaznosti na vytvoření testovacího rámu pro řídicí systém ABB 800xA a HW platformu AC800M spolu s S800I/O dochází k návrhu testovacího rámu pro PLC řídicí systém ABB AC500, který bude rovněž použit pro školicí účely spolu s HW simulátorem technologického procesu OSLO. Jako výhody řídicího systému ABB 800xA považuji jeho vysokou flexibilitu a míru zabezpečení zajištěnou modulární koncepcí a širokou škálou typů komponent. Tyto vlastnosti umožňují použití tohoto řídicího systému pro řízení nejnáročnějších technologických celků, se kterými se v současnosti svět automatizace potýká. Jako nevýhodu tohoto řídicího systému považuji jeho vysokou cenu, což jej předurčuje pro použití v rozsáhlejších řídicích systémech.

Vypracování této diplomové práce mi umožnilo získat komplexní náhled na řídicí systém ABB 800xA a přidruženého HW jak z HW tak SW architektury, což jsou cenné informace pro další profesní vývoj.

Literatura

- [1] ABB. *System 800xA 5.1 FP4 System Guide Summary* [online]. ©2013. [cit. 2016-01-15]. Dostupné z: <https://library.e.abb.com/public/89739755f003fd21c1257e2f003da3b7/3BSE069079_B_en_System_800xA_5.1_FP4_System_Guide_Summary.pdf>
- [2] ABB. *System 800xA 5.1 System Guide Functional Description* [online]. ©2011. [cit. 2016-01-15]. Dostupné z: <https://library.e.abb.com/public/f087119820dbec89c1257b1a005be203/3BSE038018-510_D_en_System_800xA_5.1_System_Guide_Functional_Description.pdf>
- [3] ABB. *System 800xA 5.1 Network Configuration* [online]. ©2013. [cit. 2016-01-15]. Dostupné z: <https://library.e.abb.com/public/9c8b6c0dc8bdfc16c1257b400026feb3/3BSE034463-510_E_en_System_800xA_5.1_Network_Configuration.pdf>
- [4] ABB. *T315C System 800xA Architecture*, © 2013. [cit. 2016-01-15]
- [5] ABB. *Industrial IT 800xA – Engineering Engineering Workplace Basic engineering Functions* [online]. ©2005. [cit. 2016-01-15]. Dostupné z: <http://www.aotewell.com/pdf/manual/ABB/Engineering/3BDS011223_Eng_Basic%20Engineering%20Functions.pdf>
- [6] ABB. *Industrial IT AC800M and S800 I/O Getting Started* [online]. ©2009. [cit. 2016-01-15]. Dostupné z: <https://library.e.abb.com/public/e915b89c8996e503c125757b0031fcb8/3BSE056248_en_AC_800M_and_S800_I_O_-_Getting_Started.pdf>
- [7] ABB. *AC800M Controller Hardware* [online]. ©2013. [cit. 2016-01-15]. Dostupné z: <https://library.e.abb.com/public/1cb4fadd66365e57c1257b740027013b/3BSE036351-510_A_en_AC_800M_5.1_Controller_Hardware.pdf>
- [8] ABB. *S800 I/O Modules and Termination Units* [online]. ©2013. [cit. 2016-01-15]. Dostupné z: <https://library.e.abb.com/public/e78b5c07ed71e2ecc1257b40001d787a/3BSE020924-510_B_en_S800_I_O_Modules_and_Termination_Units.pdf>
- [9] ABB. *S800 I/O Product Guide* [online]. ©2010. [cit. 2016-01-15]. Dostupné z: <https://library.e.abb.com/public/2aa8c9d5fde1993ac125775f0000eb8c/3BSE015969R5001_A_en_S800_I_O_Product_Guide.pdf>
- [10] ABB. *System800xA Engineering Process Graphics* [online]. ©2014. [cit. 2016-01-15]. Dostupné z: <https://library.e.abb.com/public/2a53633fe77f1c1bc1257dc00053bbc8/3BSE049230-600_A_en_System_800xA_Engineering_6.0_Process_Graphics.pdf>
- [11] ABB. *T315C AC800M Hardware*, © 2013. [cit. 2016-01-15]

- [12] ABB. *Detailed information for: 3BSC610066R1*. [cit. 2016-03-11]. Dostupné z: <<http://new.abb.com/products/3BSC610066R1/sd833-power-supply-device-g2-compliant>>
- [13] ABB. *AC800M controllers* [online]. [cit. 2016-03-11]. Dostupné z: <<http://new.abb.com/products/3BSC610066R1/sd833-power-supply-device-g2-compliant>>
- [14] VUT. *Základy automatizace* [online]. [cit. 2016-04-5]. Dostupné z: <<https://akela.mendelu.cz/~xmateasa/TKY/ZakladyAutomatizace.pdf>>
- [15] ABB. *OSLO3+ 20060420-1*, © 2012. [cit. 2016-04-18]
- [16] MOXA. Datový list EDS208 [online]. [cit. 2016-04-27]. Dostupné z: <http://www.moxa.com/doc/specs/EDS-205_208_Series.pdf>
- [17] ABB. *Feeder Protection and Control REF615: Product Guide* [online]. ©2010. [cit. 2016-04-27]. Dostupné z: <<http://www.metix.bg/wp-content/uploads/2014/04/Feeder-protection-control-REF615.pdf>>
- [18] ABB. Datový list SD834 [online]. [cit. 2016-04-27]. Dostupné z: <<http://www.pulspower.com/pdf/qs20e241.pdf>>
- [19] Phoenix Contact. Datový list PT 2,5 [online]. [cit. 2016-04-27]. Dostupné z: <<https://www.phoenixcontact.com/online/portal/cz?uri=pxc-oc-itemdetail:pid=3209510&library=czcs&tab=1>>

Seznam příloh

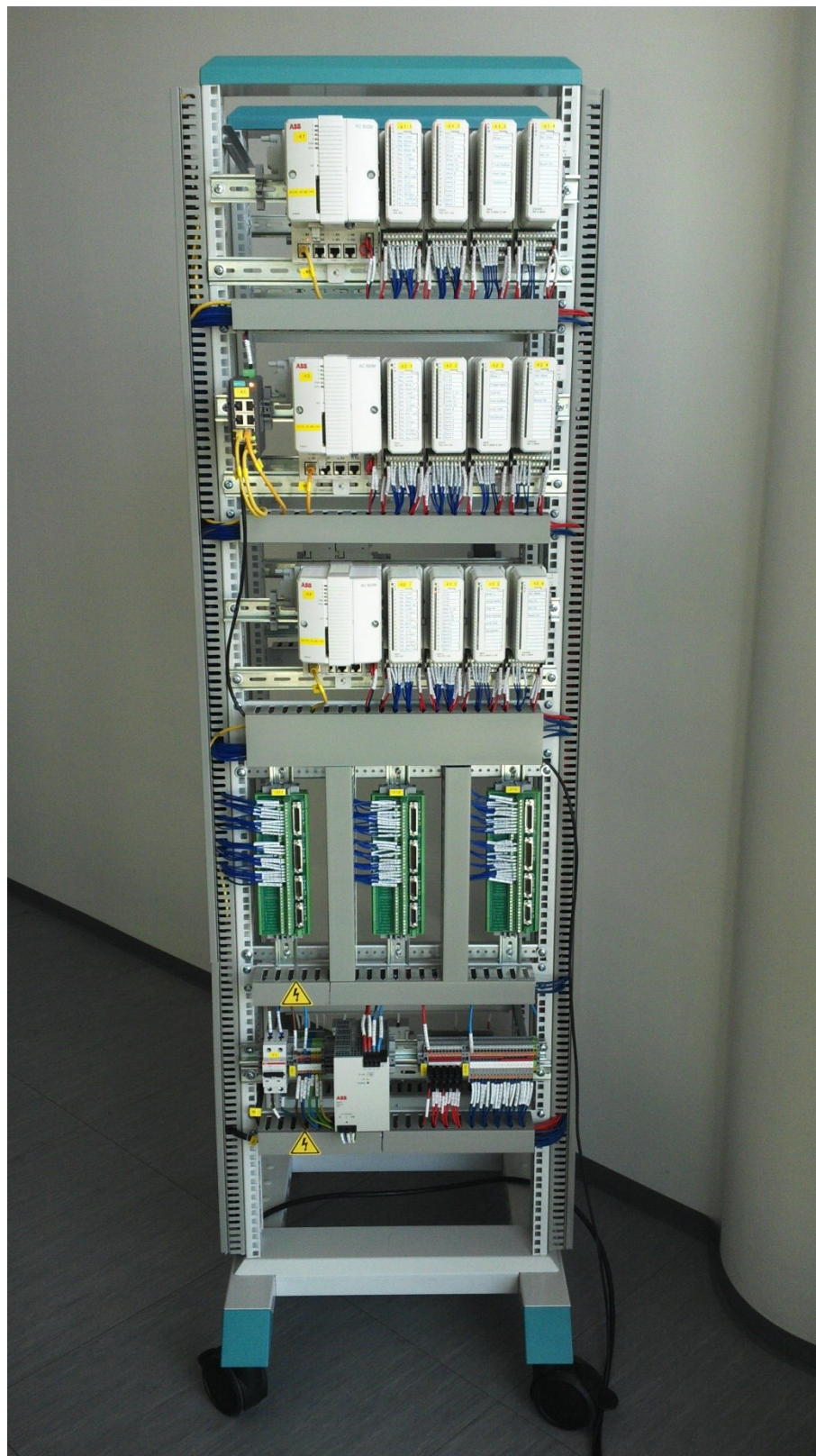
Příloha A – Technická dokumentace testovacího rámu, příloha na CD

Příloha B – Fotografie celkové realizace testovacího rámu, 2 str.

Příloha C – Popis napojení signálů na I/O karty testovacího rámu a vytvořenou řídicí aplikaci, 4 str.

Příloha D – Vytvořená aplikace demonstrační úlohy v systému ABB 800xA, příloha na CD

Příloha B – Fotografie celkové realizace testovacího rámu přední strana B



Obr. 1: Příloha B

Příloha B – Fotografie celkové realizace testovacího rámu zadní strana C



Obr. 2: Příloha B

Příloha C - Popis napojení signálů na I/O karty testovacího rámu a vytvořenou řídicí aplikaci

Pozn.: Napojení signálů a proměnných aplikace TankMixer je zobrazeno pouze pro sestavu s kontrolérem K1. Napojení je totožné pro sestavy s kontroléry K2 a K3.

DI810	Kanál	Svorka patice TU810	Název signálu	Typ signálu	Nastavení rozsahu kanálu I/O karty	Název připojené globální proměnné aplikace	Datový typ
-K1.1	1	C1	Ret. Cooler	vstup 24V	24V	gCooler_On	BoolIO
-K1.1	2	B1	Ret. Heater	vstup 24V	24V	gHeater_On	BoolIO
-K1.1	3	C2	Ret. Mixer P	vstup 24V	24V	g.MixerSignals.Mixer_On	BoolIO
-K1.1	4	B2	Ret. Mixer M1	vstup 24V	24V	-	-
-K1.1	5	C3	Ret. Cooler F.T.	vstup 24V	24V	-	-
-K1.1	6	B3	Ret. V1 Open	vstup 24V	24V	gV1_Open	BoolIO
-K1.1	7	C4	Ret. V5 Cl.	vstup 24V	24V	gV5_Closed	BoolIO
-K1.1	8	B4	Ret. V2 Open	vstup 24V	24V	gV2_Open	BoolIO
-K1.1	9	C5	Ret. V6 Cl.	vstup 24V	24V	gV6_Closed	BoolIO
-K1.1	10	B5	Ret. Min Level	vstup 24V	24V	gLevel_Min	BoolIO
-K1.1	11	C6	Ret. V1 Cl.	vstup 24V	24V	gV1_Closed	BoolIO
-K1.1	12	B6	Ret. V5 Open	vstup 24V	24V	gV5_Open	BoolIO
-K1.1	13	C7	Ret. V2 Cl.	vstup 24V	24V	gV2_Closed	BoolIO
-K1.1	14	B7	Ret. V6 Open	vstup 24V	24V	gV6_Open	BoolIO
-K1.1	15	C8	Ret. Overflow	vstup 24V	24V	gOverflow	BoolIO
-K1.1	16	B8	Ret. Max Level	vstup 24V	24V	gLevel_Max	BoolIO

Tab. 1: Příloha C

Příloha C - Popis napojení signálů na I/O karty testovacího rámu a vytvořenou řídicí aplikaci

DO810	Kanál	Svorka patice TU810	Název signálu	Typ signálu	Nastavení rozsahu kanálu I/O karty	Název připojené globální proměnné aplikace	Datový typ
-K1.2	1	C1	V1 On	výstup 24V	24V	gV1_Ord	BoolIO
-K1.2	2	B1	V2 On	výstup 24V	24V	gV2_Ord	BoolIO
-K1.2	3	C2	V5 On	výstup 24V	24V	gV5_Ord	BoolIO
-K1.2	4	B2	V6 On	výstup 24V	24V	gV6_Ord	BoolIO
-K1.2	5	C3	Mixer P. On	výstup 24V	24V	g.MixerSignals.Mixer_Ord	BoolIO
-K1.2	6	B3	Mixer On	výstup 24V	24V	-	-
-K1.2	7	C4	Cooler On	výstup 24V	24V	gCooler_Ord	BoolIO
-K1.2	8	B4	Heater On	výstup 24V	24V	gHeater_Ord	BoolIO
-K1.2	9	C5	Alarm 8	výstup 24V	24V	gLED8	BoolIO
-K1.2	10	B5	Alarm 7	výstup 24V	24V	gLED7	BoolIO
-K1.2	11	C6	Alarm 6	výstup 24V	24V	gLED6	BoolIO
-K1.2	12	B6	Alarm 5	výstup 24V	24V	gLED5	BoolIO
-K1.2	13	C7	Alarm 4	výstup 24V	24V	gLED4	BoolIO
-K1.2	14	B7	Alarm 3	výstup 24V	24V	gLED3	BoolIO
-K1.2	15	C8	Alarm 2	výstup 24V	24V	gLED2	BoolIO
-K1.2	16	B8	Alarm 1	výstup 24V	24V	gLED1	BoolIO

Tab. 2: Příloha C

Příloha C - Popis napojení signálů na I/O karty testovacího rámu a vytvořenou řídicí aplikaci

AI810	Kanál	Svorka patice TU810	Název signálu	Typ signálu	Nastavení rozsahu kanálu I/O karty	Název připojené globální proměnné aplikace	Datový typ
-K1.3	1	C1	Mixer C.	vstup 0-10V	0-10V	gMixerSignals.Mixer_Current	RealIO
-K1.3	1	B1	-	-	-	-	-
-K1.3	2	C2	Temperature	vstup 0-10V	0-10V	gTemp	RealIO
-K1.3	2	B2	-	-	-	-	-
-K1.3	3	C3	Total Inf.	vstup 0-10V	0-10V	-	-
-K1.3	3	B3	-	-	-	-	-
-K1.3	4	C4	Total Outflow	vstup 0-10V	0-10V	-	-
-K1.3	4	B4	-	-	-	-	-
-K1.3	5	C5	Level Tank	vstup 0-10V	0-10V	gLevel	RealIO
-K1.3	5	B5	-	-	-	-	-
-K1.3	6	C6	Tachometer	vstup 0-10V	0-10V	-	-
-K1.3	6	B6	-	-	-	-	-
-K1.3	7	C7	-	-	-	-	-
-K1.3	7	B7	-	-	-	-	-
-K1.3	8	C8	-	-	-	-	-
-K1.3	8	B8	-	-	-	-	-

Tab. 3: Příloha C

Příloha C - Popis napojení signálů na I/O karty testovacího rámu a vytvořenou řídicí aplikaci

AO810	Kanál	Svorka patice TU810	Název signálu	Typ signálu	Nastavení rozsahu kanálu I/O karty	Název připojené globální proměnné aplikace	Datový typ
-K1.4	1	C1	Ref. Mixer	výstup 0-10V	0-20mA	gMixerSignals.Mixer_Ref	RealIO
-K1.4	-	B1	-	-	-	-	-
-K1.4	2	C2	Ref. V3	výstup 0-10V	0-20mA	-	-
-K1.4	-	B2	-	-	-	-	-
-K1.4	3	C3	Ref. V4	výstup 0-10V	0-20mA	-	-
-K1.4	-	B3	-	-	-	-	-
-K1.4	4	C4	Buzzer On	výstup 0-10V	0-20mA	gBuzzer	RealIO
-K1.4	-	B4	-	-	-	-	-
-K1.4	5	C5	-	-	-	-	-
-K1.4	-	B5	-	-	-	-	-
-K1.4	6	C6	-	-	-	-	-
-K1.4	-	B6	-	-	-	-	-
-K1.4	7	C7	-	-	-	-	-
-K1.4	-	B7	-	-	-	-	-
-K1.4	8	C8	-	-	-	-	-
-K1.4	-	B8	-	-	-	-	-

Tab. 4: Příloha C